

Sistemas y Tecnologías de Información

VOLUME - I

Actas de la 11ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información
Gran Canaria, España
15 a 18 de Junio de 2016
AISTI | ULPGC

Editores:

Álvaro Rocha
Luís Paulo Reis
Manuel Pérez Cota
Octavio Santana Suárez
Ramiro Gonçalves

ISBN 978-989-98434-6-2



Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação

CRÉDITOS

TÍTULO

Sistemas y Tecnologías de Información

SUB-TÍTULO

**Actas de la 11ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información
Gran Canaria, España
15 a 18 de Junio de 2016**

Vol. I – Artículos de la Conferencia

EDITORES

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

Luís Paulo Reis, Universidade do Minho

Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo

Octavio Santana Suárez, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

ISBN 978-989-98434-6-2

WEB

<http://www.aisti.eu/cisti2016/>

CopyRight 2016

AISTI (Associação Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação)

Prefacio

Este libro contiene los artículos aceptados para su presentación y discusión en la 11ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información (CISTI'2016), organizada por la AISTI (Asociación Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información) y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, durante los días 15 al 18 de Junio de 2016, en Gran Canaria, España.

La Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información (CISTI) es un foro que reúne académicos y profesionales, sobre todo del espacio ibérico y latinoamericano, proporcionando el intercambio de conocimientos, nuevas perspectivas, experiencias e innovaciones, así como la discusión de los mismos, en el área de los sistemas y tecnologías de la información. Uno de los principales objetivos es promover la dinamización de la simbiosis que tiene faltado entre la academia, la sociedad y la industria.

La Comisión Científica de la CISTI está formada por un grupo multidisciplinar de expertos o fuertemente relacionados con el área de los Sistemas y Tecnologías de la Información, constituida por mas de trescientas personas, a las cuales les ha correspondido la responsabilidad de evaluar, en un proceso de revisión “ciega”, los trabajos recibidos en cada una de las temáticas de la conferencia.

En CISTI'2016 fueron recibidos cerca de 300 trabajos, en forma de artículos, artículos cortos, artículos póster y artículos de empresa. Además, también se han recibido artículos para el Simposio Doctoral y artículos para los diferentes Workshops sobre temas más específicos. En total fueron recibidos cerca de 400 artículos.

Los artículos aceptados para su presentación y discusión durante la conferencia son publicados en e-book con ISBN. Los autores de los mejores artículos seleccionados serán invitados a extenderlos para su publicación en revistas y libros indexados.

Finalizamos, agradeciendo a todos los que directa o indirectamente han colaborado con la CISTI'2016 (autores, comisiones, patrocinadores, revistas, editoras, etc.), participando en la consolidación y expansión de un foro de sistemas y tecnologías de información de gran relevancia para el espacio ibérico y latinoamericano.

Los Editores:

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra

Luís Paulo Reis, Universidade do Minho

Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo

Octavio Santana Suárez, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

ÍNDICE

ARTÍCULOS DE LA CONFERENCIA

<i>Fatores que influenciam o consumidor a aceitar publicidade via e-mail</i> Catarina Mouro, Bráulio Alturas	27
<i>Impacto organizacional da implementação de um módulo ERP em PME portuguesas</i> Ana Rita Martins, Bráulio Alturas	33
<i>CAOS SUITE: Una aplicación de software para el análisis y simulación de Sistemas Dinámicos caóticos. De caos a hipercaos</i> Pilar Mareca, Borja Bordel	39
<i>Mass Media in Teaching and Learning: Circumstances in Higher Education</i> Marcelo Mendonça Teixeira, Cristiane Domingos de Aquino, Marcelo Brito Carneiro Leão, Hugo Vieira L. Souza, Raphael Franklin Fontes de Oliveira, Linaldo Miranda, Ricardo Neves Júnior, Edmar Medeiros	45
<i>Modelo para Monitoramento em Projetos Distribuídos: Um experimento Utilizando Kanban e Business Process Modeling Notation (BPMN)</i> Vanessa Faria de Souza, Alexandre L'Erario, José Augusto Fabri, José Antônio Gonçalves	50
<i>Melhoria do Processo de Software em Pequenas Empresas Utilizando o SPEM: Um estudo de Caso em Engenharia de Requisitos</i> Vanessa Faria de Souza, Alexandre L'Erario, José A. Fabri, Elias C. Genvigir	55
<i>Sistema de Informação para a Gestão de Emergências em Moçambique: Fatores Críticos de Sucesso</i> Nádia Vaz, Bráulio Alturas, Adriana L. Fernandes	61
<i>Utilização das Redes Sociais: Impacto na Reputação das Empresas</i> Liliana Simão de Oliveira, Bráulio Alturas	67
<i>Distributed Simulation of Coloured Petri Nets</i> Corneli G. F. Júnior, L. C. Marques Vasconcelos, G. C. Barroso, J. M. Soares, L. F. Leite	73

<i>Strategic Performance Measurement Systems and Employee Performance</i> Enoch Asare, Sue Conger	80
<i>A utilização dos Recursos Educativos Digitais – RED – na Prática de Ensino Supervisionada no 1.º CEB</i> Joana Ribeiro, Henrique Gil	85
<i>Marco de Selección de Soluciones basadas en Sistemas de Información Geográficos</i> Dante Carrizo, Carlos Moller, Esteban Díaz	90
<i>A Mental Model Approach for Category Hierarchy Maintenance on Sellers' Self-input Items in E-commerce Websites</i> Peng Wu, Daqing He, Jiang Song	96
<i>Infoincluir Cidadãos 50+</i> Henrique Gil, Lino Galvão	103
<i>Mejoramiento de la resolución espacial de las imágenes Ikonos a partir de ortofotos: una aplicación de la fusión de imágenes con la Transformada Wavelet</i> Rubén Javier Medina Daza, Laura Cristina Becerra Gonzalez, Jhon Camilo Matiz Leon	109
<i>Extracción de construcciones en imágenes de muy alta resolución espacial GeoEye, una aproximación a través de la morfología matemática</i> Erika Upegui Cardona, Catherine Mering	116
<i>Issues in Using Internet in Remote South African High Schools</i> Sue Conger, Kirstin Krauss, Clement Simuja	122
<i>Accuracy Sensitivity of the Radial Approach to Large Public Service System Design</i> Marek Kvet, Michal Kvet	128
<i>Posicionamiento en interiores: Visualización de modelos virtuales 3D y diseño de su evaluación mediante métodos mixtos</i> Isidro Navarro, Oriol de Reina, Alex Rodiera, David Fonseca	136
<i>Sistema de información en tele-odontología para promoción, prevención, diagnóstico y tratamiento de caries dental</i> Diana Janeth Lancheros-Cuesta, David Rolando Suarez, Jose Luis Ramirez Arias	143

<i>Un Modelo de Arquitectura de Computación en la Nube para la Implementación de Tareas Complejas Desacopladas en Entornos Colaborativos</i>	150
Francisca Quintana Domínguez, Carmelo Cuenca Hernández	
<i>Inteligencia de Negocios aplicada a entornos de monitorización y meta-monitorización</i>	156
Pablo, Pico-Valencia	
<i>Tratamiento de Información en Salud en Plataformas Digitales de Ecuador</i>	162
Luis Javier Ontaneda Vivanco	
<i>Estratégia de apoio à Inspeção de Software em Ambientes de Desenvolvimento Distribuído</i>	167
Calos E. Ribeiro, Ederson M. Sgarbi, José R. Merlin, Daniela de Freitas G. Trindade, Elisa Hatsue Moriya Huzita	
<i>Produção de RED num Estúdio de TV Digital</i>	174
Ana Trigacheiro Pires, Guilhermina Lobato Miranda	
<i>Aplicação de lógica fuzzy no problema da criminalidade contra à mulher no Brasil</i>	181
Angélica Félix de Castro, Trevor Martin	
<i>Los Métodos de Resolución de Problemas como guías del proceso de desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento</i>	187
Abraham Rodríguez-Rodríguez, Francisca Quintana-Domínguez, Gilberto Martel-Rodríguez, Miguel Márquez-Marfil	
<i>Una forma de democratización del acceso hacia la información. Análisis de casos representativos.</i>	193
Clara Elena Robayo Valencia, Isidro Marín Gutiérrez	
<i>Mapeamento Conceitual como ferramenta de comunicação de requisitos judiciais</i>	199
Luiz Gustavo Ferreira Aguiar, Rebeca Teodoro da Silva, José Augusto Fabri	
<i>Applying Verbal Decision Analysis in Distributed Software Development</i>	205
Marum Simão Filho, Plácido Rogério Pinheiro, Adriano Bessa Albuquerque	
<i>Avaliação de Desempenho e Disponibilidade de Serviços de Armazenamento em Nuvem privada Performance and Availability Evaluation of Storage Services in Private Cloud</i>	211
Elton Bezerra Torres, Gustavo Callou, Gabriel Alves, José Accioly, Hallyson Gustavo	

<i>Papel de las TIC en la Co-creación de Valor Sostenible en Sistemas Producto-Servicio</i> Carlos H. Hurtado J.; Xavier Ferràs; Nuria Arimany, Dulcinea Meijide	217
<i>IntelliSenses: Sintiendo Internet de las Cosas</i> Daniel Meana-Llorián, Cristian González García, B. Cristina Pelayo G-Bustelo, Juan Manuel Cueva Lovelle, Victor Hugo Medina García	226
<i>GAIA ESCOPO</i> Darlan Dalsasso, Rodolfo Miranda de Barros	232
<i>Calidad de las Web de los Hospitales Privados Web quality of private hospitals</i> Judith Creixans Tenas, Núria Arimany Serrat	238
<i>Scrum Solo</i> Tiago Pagotto, José Augusto Fabri, Alexandre L'Erario, José Antonio Gonçalves	244
<i>Comparando sistemas WebGIS de exibição e processamento de informação geográfica no contexto da INDE</i> Fábio J. B. Fonseca, Lucas V. S. Pereira, Jugurta Lisboa-Filho, Alisson R. Alves	250
<i>A utilização de Histórias em Quadrinhos na Especificação de Requisitos de Software</i> Diomara Martins Reigato Barros, Luiz Ricardo Begosso, José Augusto Fabri, Alexandre L'Erario, Vanderley Flor da Rosa	256
<i>The impact of human-centric design on the adoption of information systems: A case study of the spreadsheet</i> Christopher Scaffidi	262
<i>Mining online forums for valuable contributions</i> Christopher Scaffidi	269
<i>An information system to ease the creation and deployment of context-aware, location-based surveys</i> Christopher Scaffidi	276
<i>Un eficiente intercambio de líder en el algoritmo Optimización de Migración de Aves en resolver el problema de Formación de Celdas Máquina-Parte</i> Ricardo Soto, Broderick Crawford, Boris Almonacid	283

<i>Análise dos Relacionamentos em um Ecossistema de Software no Contexto Público</i> Rebeca Teodoro da Silva, Luiz Gustavo Ferreira Aguiar	290
<i>Resolución del Manufacturing Cell Design Problem Utilizando el Algoritmo Luciérnaga</i> Ricardo Soto, Broderick Crawford, Jacqueline Lama, Boris Almonacid	297
<i>Estado da Arte da Wearable Technology: Aplicações na área médica</i> André Viegas, Maria Madalena Abreu, Isabel Pedrosa	304
<i>Diseños de Métodos de Comunicación Virtuales para Personas con Discapacidad Sensorial</i> Diego Leonardo Heredia, Manuel Pérez Cota	310
<i>Quality Evaluation of E-Government Websites of Turkey</i> Yakup AKGÜL	317
<i>Sistema de Informação em Saúde para a análise de avaliações médicas</i> Gabriel Spadon de Souza, Ronaldo Celso Messias Correia, Rogério Eduardo Garcia, Celso Olivete Júnior, Bruno Renan Gelako Santos	324
<i>Sistema de información para la cuantificación del riesgo operacional en entidades financieras</i> Maria Andrea Arias Serna, Jaime Alberto Echeverri Arias, Juan Guillermo Murillo Gómez, Francisco José Caro Lopera, Luis Ceferino Franco Arbeláez	331
<i>Evaluando la eficiencia de utilizar funciones de selección en Búsqueda Autónoma para resolver problemas de satisfacción de restricciones</i> Ricardo Soto, Broderick Crawford, Rodrigo Olivares, Eduardo Olguín	338
<i>Teaching and Learning Modeling and Specification based on Mobile Devices and Cloud</i> Fernando Moreira, Maria João Ferreira	344
<i>Plataforma GeoEspacial para Integração e Gestão de Processos Portuários</i> Lino Oliveira, Jorge Santos, Leonel Dias	350
<i>SocialCount</i> Isadora Vasconcellos e Souza, João Carlos Damasceno Lima	357

<i>Identificación Automática de Patrones Emocionales em Publicidad Audiovisual Mediante la Actividad Bioléctrica Cerebral de un Individuo</i>	363
Eliana Jaramillo, Valentina Gómez, Alejandro Peña, Sergio Osuna, Lady Lopera	
<i>Modelo Vectorial por Adaptación Progresiva para la Compra y Venta de Acciones Utilizando Indicadores Bursátiles</i>	370
Alejandro Peña P., Felipe Gómez, Juan M. Vélez	
<i>Resolución del Manufacturing Cell Design Problem utilizando el Algoritmo Bat</i>	377
Ricardo Soto, Broderick Crawford, Carolina Zec, Andrés Alarcón, Boris Almonacid	
<i>Architectural Approaches to build The Museum of the Person</i>	383
Cristiana Araújo, Ricardo G. Martini, Pedro Rangel Henriques, José João Almeida	
<i>Sistema de Controle de Versões e Linha de Produto de Software</i>	389
Alexandre L'Erario, José Augusto Fabri, José Antônio Gonçalves, Alessandro Silveira Duarte	
<i>Sistema de Gestão de Conteúdos para Portais Institucionais</i>	395
Cláudio Esperança, António Pereira	
<i>A Multi-perspective Integrated Framework of Critical Success Factors for Supporting On-line Shopping</i>	401
M. L. R. Varela, M. F. Ferreira, G. G. Vieira, V. K. Manupati, K. Manoj	
<i>Web-based decision system for effective process planning in network manufacturing environment</i>	407
M. L. R. Varela, A. F. Araújo, G. D. Putnik, V. K. Manupati, K.V. Anirudh	
<i>A Framework to Orchestrate Security SLA Lifecycle in Cloud Computing</i>	414
Marco A. T. Rojas, Nelson M. Gonzalez, Fernando V. Sbampato, Fernando F. Redígolo, Tereza Carvalho, Kazi W. Ullah, Mats Näslund, Abu Shohel Ahmed	
<i>Validación arquitectura para la gestión de tecnología de información en ciudades inteligentes</i>	421
Gina Paola Maestre Góngora, Wilson Nieto Bernal	
<i>Sistema de Informação Geográfico Web da Cidade de Luziânia</i>	427
Yago Luiz dos Santos, Henrique Pereira de Freitas Filho, Maristela Holanda	

<i>Sistema de Monitorização da Qualidade do Ar Interior</i> Gonçalo Marques, Rui Pitarma	433
<i>Método de diseño de instrumentos pedagógicos para ingeniería de software</i> María Clara Gómez-Álvarez, Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Bell Manrique-Losada, Dennis M. Arias	439
<i>Utilização das Tecnologias de Informação no contexto das Cidades Inteligentes em Grandes Cidades</i> Joana Aires, Vítor Santos	445
<i>Utilización de la herramienta Taller de Moodle para e-coevaluaciones</i> Adelaida M. Delgado Domínguez	451
<i>Sistema para la Modulación de Enchapes de Pisos System for Floor's Modulation</i> Jaime Alberto Echeverri Arias, Juan Camilo Aldana, William David Velasquez	457
<i>MinaAcces: Sistema de información de control de acceso en centro minero</i> Diana Janeth Lancheros-Cuesta, Laura Gómez, Jenifer Gonzáles	463
<i>Generating Big Data Repositories for Research in Medical Imaging</i> Tiago Marques Godinho, Carlos Costa, José Luís Oliveira	468
<i>Data Replication Policy in a Cloud Computing Environment</i> Gabriel Heleno Gonçalves da Silva, Maristela Holanda, Aleteia Araujo	473
<i>La docencia con videos en YouTube</i> Francisco-Javier Ruiz-San-Miguel, Mónica Hinojosa-Becerra, Isidro Marín-Gutiérrez	479
<i>Estudo da Usabilidade do SClínico</i> João Pavão, Rute Bastardo, Marta Covêlo, Luís Torres Pereira, Norberto Gonçalves, Alexandra Queirós, Nelson Pacheco Rocha	485
<i>Comparison of MCDM methods with Users' Evaluation</i> Lukas Kralik, Roman Senkerik, Roman Jasek	491
<i>Modelo para Rastreamento de Auditorias Bancárias Internas</i> Cláudio Sapateiro, Gudilak Constantino	496

<i>e-Consultation as a tool for participation in teachers' unions</i>	502
Carlos Quental, Luis Borges Gouveia	
<i>Análise Automática de Requisitos Não Funcionais em Aplicações Web</i>	509
Joel Carvalho, Simão Melo de Sousa, João Paulo Fernandes, Nuno Pereira, Luís Filipe Mendes, Carlos Manuel Figueiredo, Cátia Raquel Oliveira	
<i>A Proposta de um Pacote de Software Utilizando Mapas Conceituais</i>	515
Patrícia Valério Martinez, Simone Fidêncio de Oliveira, José A. Fabri, Vanderley F. Da Rosa, Alexandre L' Erario, Alessandro S. Duarte	
<i>Heurísticas de un Catálogo Multi-modelo para Gestión de Proyectos Software</i>	521
Jesús Andrés Hincapié, Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Andrés Felipe Bustamante	
<i>Deteção de outliers numa empresa de distribuição farmacêutica em Portugal</i>	525
Augusto Ribeiro, Natércia Durão, Isabel Seruca	
<i>Previsão de vendas numa empresa de distribuição farmacêutica: uma aproximação baseada em data mining</i>	532
Augusto Ribeiro, Isabel Seruca, Natércia Durão	
<i>Mobile Health as a Tool for Behaviour Change in Chronic Disease Prevention</i>	539
Nicole Matias, Maria José Sousa	
<i>Proposta de Aplicação do Método de Inspeção Semiótica em Artefatos Provenientes da Atividade de Levantamento de Requisitos</i>	545
Simone Fidêncio de Oliveira, Patrícia Valério Martinez, José Augusto Fabri, Alexandre L' Erario, Alessandro Silveira Duarte, José Antônio Gonçalves	
<i>A Methodology for Quality Assurance Business Process Modeling with BPMN</i>	551
Rafael T. de Sousa Júnior, Flávio E. G. de Deus, Bruno A. de Sousa, Aletéia P. F. Araújo, Maristela Holanda, Waldeyr Mendes, Sandra S. A. N. Vidal, Renan M. G.. dos Santos, Altino Moraes	
<i>Using Information Technologies in Self-defense Education</i>	556
Dora Lapkova, Milan Adamek	

<i>Aprendizaje en Bioingeniería basado en la simulación y análisis de Sistemas No-lineales y Caos</i> Borja Bordel, Pilar Mareca, Ramón Alcarria	561
<i>Adoption of reverse auctions in public e-procurement: the case of Portugal</i> Óscar Cabral, Luis Ferreira, Gonçalo Paiva Dias	568
<i>Portfolios para la evaluación de los resultados del aprendizaje en entornos de e-learning</i> Lucila Romero, Milagros Gutierrez and Ma. Laura Caliusco	573
<i>Sistemas de suporte a planos de emergência</i> A Araújo, P. Lemos, I. Costa, P. Luís, L. Oliveira, N. Madeira, J. Patrício	579
<i>Capacitación de cuidadores primarios a cargo de personas dependientes mediante el uso de las TIC</i> Martínez-Alcalá, Claudia. I., Pliego-Pastrana, Patricia, Rosales-Lagarde, Alejandra, Rodríguez-Torres, Erika Elizabeth, López Nogueroles, JS	586
<i>Minería de Datos Educativos: una visión holística Educational Data Mining: an holistic view</i> Oswaldo Moscoso-Zea, Sergio Luján-Mora	592
<i>USS: User Support System</i> J.D. Ornelas, J. C. Silva, José Luís Silva	598
<i>Una Comprensiva Revisión de los Métodos de Recomendación basados en Técnicas Probabilísticas</i> Priscila Valdiviezo-Díaz, Antonio Hernando	604
<i>Desenvolvimento de uma Ferramenta de Ensino Utilizando Conceitos de Robótica e Programação</i> João R. de Toledo Quadros, Lawrence Fernandes, Raphael Oliveira, Gabriel Frizzera e Fábio Paschoal Jr, Tânia Regina P. Almeida	610
<i>Emprego de Multicritérios com Analytic Hierarchy Process para Análise de Riscos Corporativos e Setorizados de Tecnologia da Informação em Saúde no Exército Brasileiro</i> Francisco de Assis Neto, Edgard Costa Oliveira, João C. Félix Souza, Marcelo Ladeira, Simone Borges S. Monteiro	616
<i>Implementación de un Entorno Virtual Usando Tecnologías Web3D</i> Bayona Sussy, Gonzales Kevin, Cuadros Ruben	621

<i>Modelado de Flujos de Trabajos orientados a Portales colaborativos en la educación</i> Ramírez-Salvador, José A., Martínez-Alcalá, Claudia I., Alonso-Lavernia M. A.	627
<i>Modelo de Implementação de Business Analytics</i> Raul M. S. Laureano, Luís M. S. Laureano, Ana Rita R. R. Grencho	633
<i>Uma Pesquisa sobre Impacto das Áreas de Apoio nas Empresas Brasileiras de Software</i> Marcelo Pereira da Silva, Jacques Duílio Brancher	639
<i>Framework para um Centro de Operações Inteligente</i> Jorge Rosa, Tiago Domingos, Gonçalo Rodrigues, Luis M. L. Oliveira; Nuno Madeira; João Patrício	645
<i>Humanidades Digitais, MOOCs e Cursos de Graduação</i> Sílvia Regina Machado de Campos, Roberto Henriques, Mitsuru Higuchi Yanaze	650
<i>Gestão de Continuidade e Disponibilidade</i> Adriano Bessa Albuquerque, Leonardo Bastos Pontes	657
<i>Uma investigação sobre a situação da elicitação de requisitos não-funcionais</i> Andreia Silva, Plácido Pinheiro e Adriano Albuquerque, Jonatas Barroso	661
<i>MemoBoard Familiar: Calendário Colaborativo</i> António Fernandes, Luís Paulo Reis, Brígida Mónica Faria	667
<i>Interação Multimodal de Dispositivos Robóticos em Ambiente Simulado</i> Brígida Mónica Faria, Daniel Dias, Luís Paulo Reis	673
<i>Protocolo Baseado em Confiança para o Acompanhamento Permanente da Integridade de Arquivos Mantidos na Nuvem</i> Alexandre Pinheiro, Rafael Timóteo de Sousa Jr, Alexandre Pinheiro, Rafael Timóteo de Sousa Jr	679
<i>Frameworks empresariais e produtos tecnológicos com incidência na alarmística e na monitorização de indicadores de controlo e performance</i> Ricardo Pateiro Marcão, Gabriel Pestana, Maria José Sousa	685

<i>Incorporando tecnologia nos processos educacionais</i>	691
João Carlos Wiziack, Vitor Duarte dos Santos	
<i>Metrica LMS</i>	698
Jose Ignacio Palacios Osma, Jose Andres Gamboa Suarez	
<i>Proposta de Nova Arquitetura de Sistemas de Informação Para o Instituto Nacional de Estatística de Moçambique</i>	704
Arlindo Bernardo Paulo Nhabomba, Vitor Duarte dos Santos	
<i>Escalonamento de pessoal</i>	710
Tiago Lopes, Pedro Fernandes, Armando Barbosa, Carla Pereira	
<i>Voluntary Geographic Information Systems with Document-based NoSQL Databases</i>	716
Daniel Cosme Mendonça Maia, Breno D. C. Camargos, Maristela Holanda	
<i>Resultados cuantitativos del estudio de los trayectos de aprendizaje universitarios en la plataforma EPIC de la Red Ilumno</i>	722
Sandra Gómez, Calixto Maldonado	
<i>Three Dimensional Modelling of Porto's Network for Electric Mobility Simulation</i>	728
Diogo Santos, José Pinto, Rosaldo J. F. Rossetti, Eugénio Oliveira	
<i>Aplicação de Processo Híbrido de Gestão de Requisitos de Software</i>	734
Dyego Alves da Silva, Edgard Costa de Oliveira, Edna Dias Canedo, Hugo Ferreira Martins	
<i>Tratamiento de datos en reactores para la codigestión anaeróbica (instrumentación, adquisición)</i>	741
David Rolando Suarez, Diana Janeth Lancheros-Cuesta, José Ulises Castellanos Contreras	
<i>Validação de uma Escala de Avaliação de Usabilidade para Produtos ou Serviços Ambient Assisted Living de Acordo com a Perspetiva do Avaliador</i>	748
Ana Isabel Martins, Anabela G. Silva, Alexandra Queirós, Nelson Pacheco Rocha	
<i>Parallel remote servers for scientific computing over the Web</i>	754
Marco Cunha, Miguel Casquilho	

<i>Um modelo multicritério para apoiar a definição de uma metodologia de teste para micro e pequenas empresas</i>	761
Andreia Silva, Plácido Pinheiro e Adriano Albuquerque	
<i>Framework para avaliação da cidadania digital entre uma população menos favorecida, no Brasil</i>	767
Samir Rodrigues Haddad, Abílio Oliveira, Gustavo Cardoso	
<i>A Web 2.0 na aprendizagem do Espanhol, língua estrangeira</i>	775
Ana Maria de Matos Ferreira Bastos, Maria Isabel Oliveira Marques	
<i>Análise de Soluções de Autenticação e Autorização para Arquiteturas Orientadas a Serviço</i>	781
Alysson de Sousa Ribeiro, Edna Dias Canedo	
<i>Factores del Contexto Tecnológico de los e-CRM en los Hoteles Españoles</i>	787
Margarita Calvo-Aizpuru, Zenona González-Aponcio	
<i>Toward social paradigms for mobile context-aware computing in smart cities</i>	793
Rustam Kamberov, Vitor Santos, Carlos Granell	
<i>Sistema de Monitorização para Instalações Fotovoltaicas de Pequena Dimensão</i>	799
Daniel Correia, Paulo Tomé, Paulo Moisés Costa, Luís Marques	
<i>Learning programming through stepwise self-explanations</i>	805
Viviane C. O. Aureliano, Patricia C. de A. R. Tedesco, Michael E. Caspersen	
<i>Gestión del Cambio para Proyectos Tecnológicos</i>	811
Eduardo Olguín Macaya, Broderick Crawford, Ricardo Soto	
<i>Autonomous Driving Simulator for Educational Purposes</i>	817
Valter Costa, Rosaldo J.F. Rossetti, Armando Sousa	
<i>Metamodelagem Aplicada a um Sistema de Medições</i>	822
Karine Santos Valença, Ricardo Ajax Dias Kosloshi, Edna Dias Canedo	
<i>Avaliação de Impacto do SaaS em Contextos Empresarias</i>	828
Virgínia Maria Araújo, Manuel Pérez Cota	

<i>Diseño e implementación de una arquitectura y metodología aplicadas al monitoreo remoto de variables meteorológicas</i>	835
Carlos Calderon-Cordova, Alex Jaramillo, Crhistian Tinoco, Manuel Quiñones	
<i>Modelo de Classificação para Cardiotocografias Classification Model for Cardiotocographies</i>	843
Ana Pereira, Filipe Salgado, Luís Paulo Reis, Brígida Mónica Faria	
<i>Uma Abordagem de Senha Gráfica para Controlo de Acessos na Web</i>	849
Nelso P. C. Ventura, Luís Carlos Bruno	
<i>Information system to promote reading literacy – Letrinhas</i>	857
Célio Gonçalves Marques, António Manso, Pedro Dias, Ana Paula Ferreira, Felisbela Morgado	
<i>Case Based Learning for Therapeutics</i>	863
Ângelo Jesus, Maria João Gomes, Agostinho Cruz	
<i>Modalidades de Interação em Jogos Sérios na Reabilitação Cognitiva: Implementação e Estudo de Usabilidade</i>	869
Rui Rocha, Luís Paulo Reis, Paula Alexandra Rego, Pedro Miguel Moreira	
<i>Métricas de Apoio a Estimativa de Esforço para o Desenvolvimento de Sistemas de BI</i>	875
Luciano Endo, Fabiana Freitas Mendes, Edna Dias Canedo	
<i>webQDA - Qualitative Data Analysis Software</i>	882
António Pedro Costa, Francislé Neri de Souza, António Moreira, Dayse Neri de Souza	
<i>Modelo X.0 para o Ensino-Aprendizagem</i>	888
Nuno Peixoto, Sónia Rolland Sobral	
<i>A Maturity Model for Information Governance</i>	896
Diogo Proença, Ricardo Vieira, José Borbinha	
<i>Evolução, aplicabilidade, novos desafios e oportunidades em Telemedicina</i>	903
Ana Raquel Caleiras Cardoso, Bruno Alexandre Cordeiro Bento	
<i>Introducción a la Gestión del Conocimiento en Empresas de Base Tecnológica</i>	909
José Ignacio Rodríguez Molano, Nancy Yurani Ortiz Guevara, Jorge Leonardo Puentes Morantes	

<i>Comportamento Saudável com Aplicativos Sociais</i>	917
Fábio Paschoal Júnior, Nelson Francisco Favilla Ebecken, Gabriel Vinicius Silva Ribeiro, Leandro Moniz de Aragão Daquer, Renato Campos Mauro, Eduardo Soares Ogasawara	
<i>Prácticas de seguridad por diseño para la gestión de proyectos TI en PYMEs</i>	923
Mercedes de la Cámara, Javier Sáenz-Marcilla, Magdalena Arcilla-Cobián, Jose A. Calvo-Manzano	
<i>Propuesta Metodológica y Herramientas de Soporte para Modelar y Validar Esquemas Conceptuales</i>	929
Manuel Perez Cota, Marcelo M. Marciszack – Mario A. Groppo	
<i>Funcionalidades para a Promoção do Trabalho Colaborativo em Investigação Qualitativa</i>	935
António Pedro Costa, Francislê Neri de Souza, Luís Paulo Reis, Fábio Freitas	
<i>Information System to Manage the Evaluation of Performance of Education Professionals in a Pre-School – A Model in Development</i>	941
Rita Sousa, Abílio Oliveira, Pedro Ramos	
<i>Social Network Analysis to understand behaviour dynamics in online health communities</i>	947
Rui E. V. Carvalho, Carla Teixeira Lopes	
<i>Estimativa de Software baseada em BPMN Activity Points</i>	954
Luiza Barcelos Gualberto Gomes, e Pedro Porfirio Muniz Farias, e Adriano Bessa Albuquerque, Adriana Herden	
<i>La Usabilidad a Través del Modelo de Negocios</i>	960
Juan Carlos Moreno; Marcelo Martín Marciszack; Juan Pablo Fernandez Taurant	
<i>Classification Model Analysis for the Prediction of Leptospirosis Cases</i>	966
Nivison Ruy R. Nery Jr., Daniela Barreiro Claro, Janet C. Lindow	
<i>Procesamiento de los resultados obtenidos del trabajo con los foros didácticos alojados en cursos virtuales para someterlos a posterior análisis</i>	972
Luisa María Romero-Moreno, Fernando Enriquez de Salamanca Ros	
<i>Can we detect English proficiency through reading behavior? A preliminary study</i>	978
Inês Garganta Silva, Carla Teixeira Lopes, Maria Ellison	

<i>Desarrollo de la arquitectura hardware aplicada al monitoreo en tiempo real del Sistema de Distribución de Agua Potable de la ciudad de Loja</i> Carlos Calderon-Cordova, Luis Quichimbo, Fernando Reyes	984
<i>DEPROVAL: Herramienta para la definición del proceso de validación en pequeñas organizaciones de software</i> Jose Calvo-Manzano, Gonzalo Cuevas Agustin, Tomás San Feliu Gilabert, José de J. Jiménez Puello	992
<i>Análise Comparativa de Pacotes de Software de Análise de Dados Qualitativos</i> Luís Paulo Reis, António Pedro Costa, Francislê Neri de Souza	998
<i>On Privacy in User Tracking Mobile Applications</i> Marko Gašparović, Pedro Nicolau, Ana Marques, Catarina Silva, Luis Marcelino	1004
<i>“Intelligent” Adaptive Learning Objects applied to Special Education needs</i> Jorge Manuel Pires, Manuel Pérez Cota	1010
<i>Estudo sobre a Necessidade de Plataformas para a Gestão da Herança Digital</i> Jaime de Oliveira, Luís Amaral, Luís Paulo Reis, Brígida Mónica Faria	1016
<i>Modelação de Jogadores Profissionais de Poker utilizando Data-Mining</i> Nuno Silva, Luís Paulo Reis	1022
<i>Avaliação de usabilidade de uma plataforma de entretenimento por pessoas com deficiência intelectual</i> Tânia Rocha, José Martinsa, Ramiro Gonçalvesa, Frederico Brancoa	1028
<i>Proposta de uma Arquitetura de Sistemas de Informação Multidimensional para o Suporte à Gestão no Ensino Superior Português</i> José Bessa, Frederico Branco, António Costa, José Martinsa, Ramiro Gonçalves	1034
<i>A Framework for Organizational Memory Management of Research Projects in Institutions of Higher Education</i> Andrés Melgar, Linder Corro	1042
<i>Aceptación de la Intención de Uso del Efectivo Móvil</i> Bayona Oré Sussy, Leyva Rodriguez Lizet	1047

<i>Innovación en las radiotelevisiónes autonómicas de España: retos y estrategias</i> Tania Fernández Lombao, Andrea Valencia Bermúdez, Pablo Vázquez Sande	1053
<i>Fatores de Influência determinantes para a Maturidade dos SI Hospitalares</i> João Vidal Carvalho, Álvaro Rocha, António Abreu	1059
<i>Caderneta Electrónica: Visão de Professores e Encarregados de Educação de Alunos do Ensino Básico da Galiza</i> António Abreu, Ana Paula Afonso, Álvaro Rocha, Manuel Pérez Cota	1065
<i>An Architecture for Organizational Memory Systems in Institutions of Higher Education</i> Andrés Melgar, Alex Quilca	1071
<i>Barreras en la Implementación de la Historia Clínica Electrónica</i> Maldonado Carlos, Bayona Oré Sussy	1077
<i>Aplicação web para gestão pedagógica – um caso de estudo</i> Nuno Rosado, José Carlos Metrôlho, Fernando Ribeiro	1083
<i>The Use of Predictive Analytics Technology to Detect Credit Card Fraud in Canada</i> Kosemani Temitayo Hafiz, Dr. Shaun Aghili, Dr. Pavol Zavarsky	1090
<i>Las Competencias Requeridas en el Egresado de Ingeniería de Software: Análisis y Perspectivas del Rediseño Curricular en la Carrera. Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Ecuador</i> Edison Espinosa, Magda Cejas, Milton Escobar S.	1097
<i>The impact of feature selection on medical document classification</i> Bekir Parlak, Alper Kursat Uysal	1105
<i>Hacia la evaluación de la implementación y uso de metodologías ágiles en las pymes: Un análisis de herramientas de evaluación de Metodologías ágiles</i> Mirna Muñoz, Jezreel Mejia, Brisia Corona	1110
<i>Propuesta de Marco de Trabajo para la Protección de un CSIRT</i> Jezreel Mejía, Mirna Muñoz, Helton Ramírez	1116

ARTÍCULOS CORTOS

- Modelos de Innovación Abierta, Una revisión Bibliográfica con enfoque a las PYME*
Cristina Palacio Galeano, Paula Andrea Gaviria 1125
- Semantic Analysis Of Judicial Sentences Based On Text Polarity*
Héctor F Gómez A, Franco O Gauaman B, Jorge Benitez, Luis-Roberto Jacome Galarza,
Victor Hernández del Salto, Deaniel Sánchez Guerrero 1138
- El Problema de Cobertura de Conjuntos solucionado por el Algoritmo del Agujero Negro*
Ricardo Soto, Broderick Crawford, Ignacio Figueroa, Rodrigo Olivares, Eduardo Olguín 1142
- sprintDoc: Concept for an Agile Documentation Tool*
Stefan Voigt, Detlef Hüttemann, Andreas Gohr 1144
- Sistemas de Monitorização para Sistemas Paralelos e Distribuídos de Controlo de Dados*
Emanuel Pinho, Alexandre Valle de Carvalho 1152
- Pervasive Business Intelligence as a Competitive Advantage*
Teresa Guarda, Filipe Mota Pinto, Juan Pablo, Fernando Mato, Geovanni, Maria Fernanda Augusto 1155
- Análisis de la accesibilidad con enfoque semántico de un portal de servicios académicos para nivel universitario*
Verónica Segarra-Faggioni – María Belén Mora Arciniegas – Gladys Tenesaca Luna 1159
- PCS, sistema de gestión y aprendizaje para su control*
Manuel Pérez Cota, Roberto Barcala Furelos, Miguel Ramón González Castro,
María Teresa Hermo Gonzálo; Antonio Rodríguez Nuñez 1166
- Algoritmo de Optimización basado en Biogeografía para resolver el Set Covering Problem*
Broderick Crawford, Ricardo Soto, Luis Riquelme, y Eduardo Olguín 1170
- Proposta de um Modelo de Gestão de Crise nas Redes Sociais para o Setor da Saúde*
Loide Tomás Madureira, Célio Gonçalo Marques 1175
- Incidencia del internet en el desarrollo económico de los países miembros de la Comunidad Andina*
Kruzkaya Ordóñez, Pascual García, Marlon Ramón 1180

<i>Game Design Workshop to Develop Computational Thinking Skills in teenagers with Autism Spectrum Disorders</i>	1185
Roberto Munoz, Thiago S. Barcelos, Rodolfo Villarroel, Ismar Frango Silveira	
<i>Incrementar la motivación en el aprendizaje de Fundamentos de Programación Java usando Moodle Gamificado</i>	1189
Jéfferson Beltrán, Héctor Sánchez, Mercedes Rico	
<i>Un Algoritmo Binario Inspirado En Hoyos Negros Para Resolver El Problema De La Cobertura</i>	1194
Álvaro Gómez, Broderick Crawford, Ricardo Soto, Adrián Jaramillo, Sebastián Mansilla, Juan Salas I, Eduardo	
<i>Metrics focused on usability ISO 9126 based</i>	1199
Carlos Santos, Tereza Novais, Marcelo Ferreira, Carlos Albuquerque, IVALDIR HONÓRIO DE FARIAS JUNIOR, Ana Paula Cavalcanti Furtado	
<i>Utilizando el Algoritmo del Campeonato de Fútbol para resolver el Problema del Conjunto de Cobertura</i>	1202
Adrián Jaramillo, Álvaro Gómez, Sebastián Mansilla, Juan Salas, Broderick Crawford, Ricardo Soto, Eduardo Olguín	
<i>HyFlex, modelo híbrido y flexible para la enseñanza universitaria</i>	1206
Hernán Yaguana Romero, Nelson Vicente Chávez, Isidro Marín Gutiérrez	
<i>FARMACIL</i>	1210
Luis Mendes Gomes, Hélia Guerra, Carmen Andrade, Paulo Ferreira, Flávio Marques, António Carreiro	
<i>Algoritmo Gota de Agua Inteligente (IWD) para resolver problema de Programación de Proyectos de Software</i>	1214
Broderick Crawford, Ricardo Soto, Gino Astorga, Eduardo Olguín	
<i>Propaganda Bélica: Análise de propagação sistemática</i>	1218
Eduardo Marinho Mascarenhas, Lucas Emanuel Souza Silva, Jackson Dannylo Santos de Araújo, Samuel Henrique Guimarães da Silva Andrade, José Almir Freire de Moura Júnior	
<i>Executive Function Assessment in Parkinson's Disease Patients using Mobile Devices</i>	1223
Emília Bigotte, Verónica Vasconcelos, Sofia Pires, Tiago Fonseca	

<i>Health Translations: a crowdsourced, gamified approach to translate large vocabulary databases</i>	1228
Augusto Cravo Silva, Carla Teixeira Lopes	
<i>Metodología para realizar evaluación de respuestas a preguntas escritas en formato de texto</i>	1232
María Alejandra Paz Menvielle, Mario A. Groppo, Marcelo M. Marciszack, Martín Casatti	
<i>Algoritmo Discreto de Optimización Hiebras Invasivas para el Set Covering Problem</i>	1236
Broderick Crawford, Ricardo Soto, Ismael Fuenzalida Legüe y Eduardo Olguín	
<i>Automatización del análisis y evaluación de factores de riesgo laboral acumulado en el sector florícola</i>	1240
Verónica Tapia, Richard Pérez, Alexander Pérez	
<i>Development and Validation of a Mobile Health App for the Self-management and Education of Cardiac Patients</i>	1246
Isabel de la Torre-Díez, Borja Martínez-Pérez, Miguel López-Coronado, Joel J. P. C. Rodrigues	
<i>Health Apps in Different Mobile Platforms: A Review in Commercial Stores</i>	1251
Isabel de la Torre-Díez, Miguel López-Coronado, Beatriz Sainz de Abajo, Joel J. P. C. Rodrigues	
<i>Internet-of-Things</i>	1255
Fábio José Ferreira da Silva, Jorge Oliveira e Sá	

ARTÍCULOS DE EMPRESAS

<i>Sistema GeoEspacial de Apoio a Operações de Dragagem Portuárias</i>	1261
Lino Oliveira, Jorge Santos, Leonel Dias	
<i>Visualização de Tráfego Portuário em Tempo Real com Integração da JUP e do AIS</i>	1264
Jorge Santos, Leonel Dias, Lino Oliveira	

ARTÍCULOS POSTERS

<i>Improving performance of database system using architectural layer</i>	1269
Michal Kvet, Karol Matiaško	

<i>Controlo de Portão Automático por Microcontrolador</i> Prof. António Ferreira; Docente Paulo Correia; Aluno Bruno Oliveira; Aluno Fábio Ribeiro	1276
<i>Brasilia's Database Community Profile</i> Jane Adriana and Maristela Holanda	1280
<i>Gerência de Configuração para Testes Automatizados em uma Fábrica de Software: Um estudo de caso</i> Marcelo Ferreira, Carlos Santos, Tereza Novais, Carlos Albuquerque, Ivaldir Honório de Farias Junior, Ana Paula Cavalcanti Furtado	1285
<i>Un Algoritmo De Cardumen De Peces Artificial Para Resolver El Problema Del Conjunto De Cobertura</i> Broderick Crawford, Ricardo Soto, Eduardo Olguín, Sebastián Mansilla Villablanca, Álvaro Gómez, Adrián Jaramillo Juan Salas	1287
<i>Gestão de Risco de Corrupção: Uma Abordagem baseada na Teoria da Atividade</i> António Gonçalves, Anacleto Correia	1291
<i>Desenvolvimento de aplicativos para o monitoramento de qualidade da água utilizando celulares como espectrofotômetros</i> Rafaela Prediger dos Anjos; Daniel Victor dos Santos Gomes Vital; Rafael Lima de Souza; Ligia Arnedo Perassa; Márcio Teixeira Oliveira; Thiago Inácio Barros Lopes	1293
<i>SDN: Os Novos Desafios na Gestão de Redes</i> Nuno Simões, Carlos Rabadão	1295
<i>Uso da Tecnologia Em Prol dos Deficientes Visuais</i> Aline Araújo Cordeiro, Maria Nadyne da Costa Maciel, Sândylla Aydhla Cintra de Andrade, José Almir Freire de Moura Júnior	1302
<i>Diseño de un Prototipo Ontológico de toma de Decisiones basado en Narrativas Jurídicas</i> Héctor F Gómez A, Susana Alexandra Arias Tapia, Jorge Benitez, Henry Rodriguez Martinez Ruque, Hernán Antonio Yaguana Romero, Daniel Sanchez Guerrero	1305

Artículos de la Conferencia

Fatores que influenciam o consumidor a aceitar publicidade via e-mail

Factors influencing the consumer to accept advertising by e-mail

Catarina Moura
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
MCCTI
Lisboa, Portugal
Catarinamoura89@gmail.com

Bráulio Alturas
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
ISTAR-IUL
Lisboa, Portugal
braulio.alturas@iscte.pt

Resumo — O presente artigo tem como objetivo entender os fatores que influenciam o impacto do e-mail marketing junto do utilizador/consumidor de e-mail. Numa primeira instância é importante entender o impacto que a Internet e o mundo digital tiveram no marketing, de modo a entendermos de que forma o e-mail marketing tem importância nos dias de hoje e qual a sua utilidade. Neste estudo foram aplicados questionários a utilizadores de e-mail, de modo a entendermos o que, para o utilizador/consumidor, é mais importante receber através de e-mails publicitários. Este estudo também visa perceber quais os fatores que o utilizador/consumidor considera mais relevantes ter no corpo do e-mail publicitário para que o abra e o leia. Após o tratamento estatístico dos dados, foi concluído que o fator que mais influencia a abertura do e-mail são as promoções e campanhas.

Palavras Chave – *E-mail marketing, Marketing Digital, Publicidade, Utilizador, Web 2.0.*

Abstract — This article aims to understand the factors that influence the impact of email marketing with the user / consumer. In the first instance it is important to understand the impact that the Internet and the digital world have on marketing in order to understand how the email marketing is important today and what its usefulness. In this study it was applied questionnaires to e-mail users in order to understand what, for the user / consumer, it is more important to receive through advertising e-mails. This study also seeks to understand what factors the user / consumer considers most relevant to have the body of advertising e-mail to open and read. After statistical processing of data, it was concluded that the factor that most influences the opening of the e-mail are the promotions and campaigns.

Keywords - *E-mail Marketing; Digital Marketing; Publicity; User; Web 2.0.*

I. INTRODUÇÃO

Desde meados de 1993 que as empresas e consumidores foram confrontados com o desenvolvimento da World Wide Web. Esta ferramenta veio alterar por completo a forma

tradicional de obtenção de informação e de comunicação entre ambos os lados.

Com este conceito introduzido nas nossas vidas é usual encontrarmos consumidores com, pelo menos, um endereço de e-mail pessoal agregado, ferramenta esta que ganha inúmeras funcionalidades e finalidades. É sobre esta componente, e sobre o seu impacto como ferramenta de marketing na decisão dos consumidores que trata este artigo.

II. REVISÃO DA LITERATURA

A. *Impacto da Internet no marketing*

Nos últimos anos foram vários os acontecimentos que produziram mudanças na sociedade, mudanças que se refletem nos comportamentos de consumo e na estratégia de divulgação das empresas [1].

A Internet criou um novo canal de marketing. Ele foi descrito como sendo a mais importante inovação desde o desenvolvimento da imprensa, sendo que irá transformar, não apenas a forma de como as pessoas passam a conduzir o seu negócio, mas também a própria essência do que significa ser um ser humano em sociedade [2].

A transição entre o velho mundo de gestão de negócios para o novo mundo dos consumidores eletrónicos é única. O efeito dessa mudança na cadeia da comunicação está a alterar o mercado das empresas, nomeadamente na forma em como são dados a conhecer os produtos e mensagens aos atuais e potenciais clientes [2].

Este meio interativo que é a Internet tanto é útil para a empresa como para o cliente. Os clientes passam a ter muito mais abrangência e autonomia para dar as suas opiniões e refutarem ideias, e assim sendo, as empresas só têm a ganhar com isso pois conseguem, se quiserem, moldar-se com maior facilidade ao que o público-alvo exige tendo maior conhecimento do que este necessita. No marketing tradicional

tenham que se realizar entrevistas ou focus group para se conseguir obter uma opinião da necessidade do cliente, pois através de um simples anúncio na televisão ou na rádio, por exemplo, não se conseguia ter a percepção da sua reação.

A Internet veio mudar isso mesmo, hoje em dia é possível verificarmos todos os passos que o nosso público dá de forma a conseguirmos facilmente combater as nossas lacunas como empresa. É importante de realçar que nesta análise de informação as áreas de sistemas de informação têm uma grande relevância.

Existem características na Internet que causam um forte impacto no marketing, sendo elas [3]:

Imaterialidade – toda a Informação pode ser digitalizada e transmitida pela Internet;

Omnipresença – uma rede global à distância de um clique;

Rapidez – níveis de Interatividade e inovação que a rede permite;

Inovação – tudo pode ser discutido e partilhado;

Crescente – não há barreiras, permitindo uma interação direta, global e imediata;

Eficiente – por exemplo, o consumidor tem mais liberdade de escolha;

Pessoal – massificou a personalização e conceitos como CRM ganham outra dimensão;

Fossilizam-te – pode destruir empresas, ou indústrias que não se adaptem ou se defendam, por exemplo, à digitalização.

Existem assim diversos meios comunicacionais que as empresas podem utilizar e um deles é o e-mail “que permite uma comunicação escrita local, regional, nacional ou internacional a baixo custo e de forma muito rápida, o que não acontece com o correio tradicional, aumentando também a produtividade. Permite a interatividade e a comunicação com os vários elementos da e-Empresa e todos os clientes” [4].

A partir desta perspetiva percebe-se que a Internet e outras ferramentas de marketing eletrónico estão a desempenhar um papel vital no desenvolvimento das atividades de marketing das empresas, independentemente da sua natureza ou dimensão [5].

B. Marketing Digital

O marketing digital é a passagem do marketing tradicional para o meio digital. É a adaptação das empresas em transporem os seus produtos e serviços para o mundo on-line adaptando-se às mais diversificadas ferramentas e formas que existem.

A utilização em rede como meio de comunicação pode ter um impacto positivamente forte nos objetivos de marketing. A Internet toma como vantagem ser uma ferramenta de grande alcance e com tendência viral, comparativamente aos meios tradicionais.

Para Kalyanam e McIntyre (2002), o e-marketing mix necessita de mais elementos do que apenas os quatro Ps do marketing mix, pois para o sucesso do e-marketing são fundamentais elementos como *website*, personalização, segurança, privacidade, comunidade, suporte ao cliente e promoção de vendas, tornando assim o e-marketing mais complexo do que o marketing convencional [6].

Para Fonseca (2000) “se os anos cinquenta foram a era do marketing para massas, os anos setenta foram a era da segmentação de mercado. Os anos noventa representam a formação do marketing personalizado (...)” [4].

Existem diversos conceitos para esta nova era do marketing, contudo o mais usual é o marketing de relacionamento. “Existem assim três relacionamentos que estão no coração do marketing relacional: Companhia/Intermediário, Companhia/Consumidor e Companhia/Empregado, embora o foco dominante esteja no relacionamento com o cliente externo” [4].

Existem também três conceitos principais que definem o marketing relacional [4]: Interesse, confiança e compromisso e serviço.

C. E-mail marketing

O e-mail é uma ferramenta bastante promissora para aumentar a fidelidade à marca, pois contribui para que as empresas, através de um baixo custo, mantenham os contactos com os seus clientes [7].

“E-mail marketing é a mais poderosa ferramenta de marketing direto e, quando usada corretamente, pode aumentar as vendas, construir relacionamentos com os clientes e melhorar a imagem da marca da empresa” [8].

As campanhas eletrónicas obtêm um grande alcance e são campanhas com um baixo custo de investimento e uma fácil implementação, o que fez com que todas as empresas tentassem entrar em contacto com os seus clientes através do e-mail marketing [9].

“Com o rápido crescimento na utilização de e-mails comerciais, os profissionais de marketing começam a enfrentar uma árdua batalha para manter altos níveis de respostas e baixas taxas de cancelamento de recebimento de e-mail (unsubscribe)” [8].

Contudo, devido à massiva utilização desta ferramenta de marketing o seu uso poderá nem sempre ter os melhores resultados: “O e-mail marketing é parte do marketing digital, e embora seja a ferramenta mais utilizada pelas pequenas empresas, ela seguramente é a ferramenta de marketing digital mais mal utilizada por todas as empresas. (...). Mas na Internet o marketing direto e o e-mail marketing sofrem muito com o volume vergonhoso de e-mails enviados a todos nós, muitos deles, se não a maioria, inúteis” [10].

Para se obter sucesso no envio de e-mails por parte de uma empresa é necessário conseguir que o consumidor:

“ – Não apague o e-mail.

- Não coloque o e-mail como SPAM.
- Leia o e-mail e se interesse.
- Abra o e-mail e leia o seu conteúdo.
- Continue interessado em ler outros e-mails que sejam enviados” [10].

Paulo Stefani Tobias também é da opinião de que o e-mail é das mais poderosas ferramentas do marketing digital: “E-mail marketing nada mais é do que a utilização do email como ferramenta de marketing direto, evidentemente respeitando sempre as normas e procedimentos pré-definidos, esta ferramenta também permite, a análise sobre o retorno gerado através de relatórios e análises gráficas geradas pelas campanhas cada vez mais otimizadas, esta ferramenta sem dúvida alguma é das mais poderosas em marketing digital” [11].

D. Estudos sobre o e-mail marketing

Foi elaborado um estudo por Chittenden e Rettie (2003) em que destacam a importância de se obter permissão por parte dos destinatários para o envio dos e-mails publicitários. Foi realizada uma pesquisa qualitativa exploratória entre os especialistas dos sectores, analisando 30 campanhas de e-mail marketing. Concluindo-se que os fatores que mais influenciam a taxa de resposta do e-mail marketing são: Linha de assunto, extensão do e-mail, incentivo e número de imagens [2].

A pesquisa realizada concluiu que o e-mail marketing está a crescer rapidamente e que deve ser integrado no mix global da comunicação. Os entrevistados também revelam que o e-mail marketing é muito mais eficaz se for utilizado como ferramenta de retenção ao invés de ser utilizada como ferramenta de aquisição de novos clientes [2].

Para um e-mail marketing eficaz há três fases importantes para o processo de resposta: Enviado o e-mail ao destinatário deve-se leva-lo a abrir, assegurar o seu interesse e persuadi-lo a responder, assim sendo a taxa de resposta depende do título do e-mail, do seu conteúdo e do seu destinatário. 54% das respostas considera que a extensão do e-mail e o número de imagens são fatores fulcrais para a obtenção de uma boa taxa de resposta, sendo também significativo a linha de assunto e o tipo de incentivo [2].

Este estudo conclui ainda que a maior taxa de resposta é obtida em pessoas que fazem compras on-line, com idades compreendidas entre os 30 e os 34 anos e com rendimentos acima das 35 mil libras [2].

Em 2004, Marko Merisavo e Mika Raulas realizaram um estudo baseado em questionários sobre o efeito que o e-mail marketing tinha sobre a fidelidade da marca, avaliando também o tipo de conteúdos que o consumidor mais valoriza [7].

Foram recolhidas 890 respostas dadas pelos clientes de uma empresa de cosmética internacional e que tinham recebido uma mensagem através do e-mail. Dentro da avaliação do conteúdo de e-mail e comunicação regular foram feitas três questões. Na questão, quão útil considera os e-mails recebidos pela marca X,

numa escala de 1 a 5 em que 1 é nada útil e 5 muito útil a média de respostas foi de 3,7 [7].

Na questão, o que acha sobre os conteúdos das mensagens, numa escala de 1 a 5 em que 1 é nada importante e 5 é muito importante a média de respostas foi de 3,8. Na questão, quão importante é que a marca X entre regularmente em contacto consigo, numa escala de 1 a 5 em que 1 é nada importante e 5 é muito importante a média de respostas foi de 3,9 [7].

Os restantes resultados deste estudo revelaram que o e-mail marketing tem um impacto bastante positivo sobre a fidelização da marca. Muitos dos clientes que recebem e-mail marketing referente a esta empresa recomendam-na aos seus amigos [7].

Este estudo revela ainda que os clientes fiéis à marca gostam de receber informações regularmente sobre diversos conteúdos para além de promoções e ofertas, concluindo-se que continua a ser benéfico para a empresa continuar a comunicar com os seus clientes através do e-mail com o objetivo de fidelizarem cada vez mais a empresa [7].

III. METODOLOGIA

O estudo realizado começou pela construção de um questionário, utilizando escalas já usadas em outros estudos que foram identificados na revisão da literatura [2], [7]. Depois passou-se para a realização de duas entrevistas a duas pessoas, de empresas distintas, que trabalham ambas diariamente com o e-mail marketing, com o objetivo de validar o questionário, sendo que foi uma mais valia obtermos as suas opiniões sobre as questões colocadas.

Finalmente foi criado um questionário online, com perguntas fechadas utilizando uma escala do tipo Likert. O universo foram todos os utilizadores de e-mail e foi obtida uma amostra de conveniência de 150 utilizadores.

Os dados obtidos permitiram realizar um tratamento dos mesmos recorrendo a procedimentos estatísticos tendo sido assim feita uma análise de natureza quantitativa fundamentalmente racionalista utilizando como ferramentas o Excel e o SPSS, através de uma abordagem descritiva e inferencial, incluindo uma Análise de Componentes Principais (ACP) e uma Análise Correlacional.

IV. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A. Análise descritiva dos dados

Como já foi referido, do inquérito on-line obtiveram-se 150 respostas de utilizadores de e-mail. Das respostas totais 66% foram dadas por mulheres e 34% foram dadas por homens. Os inquiridos têm maioritariamente o ensino superior e trabalham maioritariamente por conta de outrem. As idades mais alcançadas foram entre os 30 e os 44 anos.

Uma das questões colocadas aos inquiridos recaía em saber onde costumam ler os e-mails e quantos e-mails de publicidade recebem por dia. Conclui-se que maioritariamente leem os e-mails através do computador e telemóvel, sendo que

maioritariamente recebem entre 5 a 10 e-mails de publicidade por dia.

As questões seguidamente analisadas foram respondidas numa escala do tipo Likert em que 1 corresponde a nunca, 2 a raramente, 3 a ocasionalmente, 4 a frequentemente e 5 a sempre.

Verificamos que a média das quatro questões correspondentes à Tabela 1 encontra-se sempre abaixo dos 3 valores de média, ou seja em média os inquiridos raramente costumam autorizar envios de e-mails com publicidade, raramente conhecem que autorizam o respetivo envio, raramente abrem e-mails de publicidade e raramente os costumam ler depois de os abrirem.

Tabela 1 – Médias das perguntas 7, 8, 10 e 11 do Questionário

Perguntas	Média Respostas
Costuma autorizar que lhe enviem e-mails com publicidade?	2,560
Dos e-mails com publicidade que recebe, reconhece que autorizou o respetivo envio?	2,887
Costuma abrir os e-mails com publicidade?	2,767
Costuma ler os e-mails com publicidade depois de os abrir?	2,713

De modo a verificarmos o quê que o inquirido mais valoriza ao aceitar o envio de e-mails de publicidade, foram colocados seis fatores para que o inquirido os classificasse consoante o grau de importância (numa escalada de 1 a 5). Verificamos que em média o fator que os inquiridos dão maior importância é as promoções, seguindo-se as campanhas.

Foi importante também saber quais os fatores que levam o inquirido a abrir um e-mail. Desta forma foram disponibilizados quatro fatores para que os inquiridos os classificassem. Verificamos que em média o assunto, o remetente e o reconhecer que autorizou o envio do e-mails são fatores cruciais para que o inquirido abra o e-mail, sendo esta a ordem preferencial do inquirido.

Após questionarmos o que leva o inquirido a abrir o e-mail questionamos o que o leva a lê-lo. Foram apresentados 6 fatores de modo a serem classificados pelo grau de importância. Verificamos que em média o fator com maior importância é o conteúdo, seguindo-se a extensão do e-mail, existência de imagens e tipo de incentivo.

Após o inquirido ter classificado o que o leva a ler o e-mail, questionamos o que o leva a ler e a abrir os links do e-mail. Foram assim apresentados seis fatores que o influenciassem neste processo. Verificamos que em média os fatores influentes para a leitura e abertura de links são as promoções, seguindo-se as campanhas e divulgação de produtos/serviços.

A última questão do questionário consiste em percebermos quais os fatores que influenciam os inquiridos no processo de compra. Foram assim colocados seis fatores de modo a que o inquirido classificasse consoante o nível de importância.

Verifica-se que genericamente em média, todos os fatores apresentados têm influência no processo de compra do inquirido, contudo os que têm um maior impacto é a credibilidade/confiança na entidade remetente, seguindo-se o modo seguro de pagamento e o conteúdo simples e explícito.

B. Análise de Componentes Principais

Inicialmente foram criadas 28 variáveis correspondentes a 28 itens do questionário (ver Tabela 2), contudo de modo a tornarmos este estudo mais viável e com o objetivo de diminuir o número de variáveis, foi utilizada a análise de componentes principais (ACP) através do programa SPSS.

A ACP “é uma técnica de análise exploratória multivariada que transforma um conjunto de variáveis correlacionadas num conjunto menor de variáveis independentes, combinações lineares das variáveis originais, designadas por componentes principais” [12].

Tabela 2 – Variáveis Iniciais

Variáveis Iniciais	Nº de Itens
Aceitar	6
Abrir	4
Ler	6
Link	6
Comprar	6
Total	28

Após aplicarmos a análise de componentes principais verificamos que foram criadas seis componentes principais que se correlacionam: Comprar, Promoções e Campanhas, Novidades e Produtos, Ler e-mail, Abrir e-mail, Newsletters e Eventos.

Verificou-se também que existe uma forte correlação entre elas, considerando assim os valores do coeficiente de correlação em que 0 se considerada não estar nada correlacionado e 1 estar completamente correlacionado.

Também se analisou a variância explicada por estas seis componentes de modo a verificarmos se os valores eram viáveis para continuar esta análise.

Verificou-se assim que estaríamos a trabalhar com 75,229% da variância total, o que é um valor bastante viável para continuar esta análise com estas seis componentes.

Para avaliarmos a confiabilidade das componentes obtidas realizámos o teste de confiabilidade de Alfa de Cronbach. Segundo Pestana e Gageiro (2003) a consistência interna caracteriza-se da forma apresentada na Tabela 3 [13].

Tabela 3 – Consistência interna de acordo com o Alfa de Cronbach
(Fonte: Pestana e Gageiro, 2003)

Muito boa	$\alpha > 0,9$
Boa	$0,8 > \alpha < 0,9$
Razoável	$0,7 > \alpha < 0,8$
Fraca	$0,6 > \alpha < 0,7$
Inadmissível	$\alpha < 0,6$

Como podemos verificar, na Tabela 4 encontram-se as seis componentes principais já com o alfa de Cronbach calculado.

Podemos assim verificar que as componentes comprar, promoções e campanhas e novidades e produtos têm uma consistência interna muito boa e as componentes ler e-mail, abrir e-mail e newsletter e eventos têm uma consistência interna boa.

Ao obtermos estes resultados ficou definido que estas seis componentes são as variáveis que irão ser utilizadas para a continuidade deste estudo.

Tabela 4 – Alfa de Cronbach das componentes principais

Componentes	Alfa de Cronbach
Comprar	0.947
Promoções e campanhas	0.925
Novidades e produtos	0.919
Ler e-mail	0.819
Abriu e-mail	0.833
Newsletter e eventos	0.851

C. Análise Correlacional

Após definidas as variáveis a utilizar na continuidade deste estudo, procedemos à realização da análise correlacional.

Ao analisar os relacionamentos entre as variáveis, foi possível criar o seguinte modelo de investigação (Figura 1).

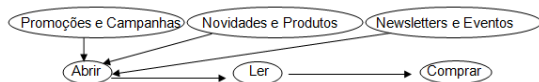


Figura 1- Modelo de investigação

Foi utilizada uma correlação multivariada utilizando o coeficiente de Pearson uma vez que temos mais de duas variáveis contínuas.

Começámos por verificar na componente abrir e-mail qual a o fator que tem uma correlação mais influente, ou seja a que tem uma maior correlação.

Apesar de todas as componentes influenciarem no processo de abertura de e-mail a que tem uma correlação mais forte são as Promoções e Campanhas, seguindo-se as Novidades e Produtos.

Após já sabermos quais os fatores que mais influenciam a abertura do e-mail fomos verificar quais os fatores mais influentes na leitura do e-mail.

Neste caso verificamos assim que existem duas componentes com a mesma correlação, ou seja igualmente importantes. Estas duas componentes são as Promoções e Campanhas e as Novidades e Produtos.

Encontrados os fatores que mais influenciam na abertura e leitura do e-mail, encontra-se em falta sabermos o que leva mais o consumidor a realizar uma compra referente ao teor do e-mail.

Verificamos assim que são as promoções e campanhas que têm uma maior correlação nesta componente, seguindo-se as novidades e produtos.

Após termos encontrado os fatores correlacionais para cada uma das componentes consideramos importante análise se o que influencia mais a compra é o ler ou o abrir.

Verificamos que ambos os fatores são fulcrais no processo de compra, contudo é o facto de abrir o e-mail que mais influência a compra.

V. CONCLUSÕES

A. Principais conclusões

Numa primeira abordagem estatística aos resultados obtidos a partir do questionário realizado verificamos que:

- O que leva o consumidor final a aceitar o envio de e-mails de publicidade são as promoções e as campanhas;

- Os fatores cruciais para que o consumidor final abra os e-mails de publicidade são o assunto, o remetente e o facto de reconhecer que autorizou o envio do e-mail;

- Os fatores que o levam a ler o e-mail de publicidade é fundamentalmente o conteúdo, a sua extensão, o facto de ter imagens e o tipo de incentivo que o e-mail contém;

- O que leva o consumidor final a abrir os links que constam no teor do e-mail é os links que estão ligados a promoções, campanhas e divulgação de produto/serviços;

- O que o consumidor final mais valoriza para realizar um processo de compra referente ao teor que consta no e-mail é a credibilidade/confiança que tem na entidade remetente, a existência de um conteúdos simples e explícito referente a todo o processo e o modo seguro de pagamento que é disponibilizado para que seja feita a respetiva compra.

Posteriormente a esta conclusão e de modo a uniformizarmos os resultados surgiu a necessidade de realizarmos uma análise de componentes principais do qual foram geradas as seguintes seis componentes: Comprar, promoções e campanhas, novidades e produtos, ler e-mail, abrir e-mail, newsletters e eventos.

Das 28 variáveis que dispúnhamos inicialmente, estas seis são as que se correlacionam conforme a análise apresentada neste estudo.

Encontradas as respetivas variáveis e após ter sido realizada uma análise correlacional podemos concluir que os fatores que mais influenciam a abertura do e-mail são as promoções e campanhas, o que mais influencia a leitura do e-mail são as promoções e campanhas e as novidades e produtos, e para o processo de compra os fatores mais influentes são as promoções e campanhas.

Por último concluímos que um cliente que abra o e-mail já tem uma grande probabilidade de realizar uma compra referente ao teor do e-mail de publicidade recebido.

B. Limitações do estudo

Uma vez que a amostra utilizada, tanto nos questionários aos utilizadores como nas entrevistas, é uma amostra não probabilística e, como tal, não permite a generalização dos resultados obtidos, esta é a primeira limitação do estudo a evidenciar. Em relação ao questionário aos utilizadores de e-mail, ainda que o número de inquiridos (150) seja razoável, a verdade é que os resultados deste estudo não podem ser generalizados para a totalidade da população, para além do facto de o questionário ser de autopreenchimento e sem a presença do entrevistador, poder consequentemente ter deixado espaço para dúvidas de preenchimento ou interpretações equívocas. Finalmente, o facto de se terem utilizado apenas as técnicas estatísticas apresentadas, pode ser limitativo dos resultados obtidos.

C. Propostas de investigações futuras

Como propostas de investigação futura, propomos a realização de estudos mais alargados com obtenção de maior número de respostas, também estudos por setor de atividade, e um tratamento estatístico mais completo dos dados através de técnicas de estatística multivariada.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] Carla Almeida and Bráulio Alturas, "Marketing empresarial nas redes sociais: estudo da perspetiva dos utilizadores portugueses," in *CISTI 2015 - 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, vol. 1, Águeda, Portugal, 2015, pp. 65-70.
- [2] Lisa Chittenden and Ruth Rettie, "An evaluation of e-mail marketing and factors affecting response," *Journal of Targeting, Measurement and Analysis for Marketing*, vol. 11, no. 3, pp. 203-217, 2003.
- [3] Pedro Dionísio, Joaquim Vicente Rodrigues, Hugo Faria, Rui Nunes, and Rogério Canhoto, *b-Mercator*. Lisboa: Dom Quixote, 2009.
- [4] Miguel Fonseca, *e-Marketing*. Porto: Edições IPAM, 2000.
- [5] Hatem El-Gohary, "E-Marketing – A Literature Review from a Small Business perspective," *International Journal of Business and Social Science*, vol. 1, no. 1, pp. 214-244, 2010.
- [6] Kirithi Kalyanam and Shelby McIntyre, "The e-marketing mix: A contribution of the e-tailing wars," *Academy of Marketing Science*, vol. 30, no. 4, pp. 487-499, 2002.
- [7] Marko Merisavo and Mika Raulas, "The impact of e-mail marketing on brand loyalty," *The Journal of Product and Brand Management*, vol. 13, no. 7, pp. 498-505, 2004.
- [8] Gustavo Assis, *Guia de e-mail marketing*. São Paulo: Ibrasa, 2003.
- [9] Irvine Clarke, "E-mail Marketing: The Complete Guide to Creating Successful Campaigns," *Journal of Consumer Marketing*, vol. 20, no. 5, pp. 488-489, 2003.
- [10] Cláudio Torres, *Guia prático de marketing na internet para pequenas empresas*. São Paulo: Novatec, 2010.
- [11] Paulo Stefani Tobias, *Super e-mail marketing*. Joinville: Clube de Autores, 2013.
- [12] João Maroco, *Análise estatística – Com utilização de SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo, 2003.
- [13] Maria Helena Pestana and João Nunes Gageiro, *Análise de dados para ciências sociais – A complementaridade do SPSS*. Lisboa: Edições Sílabo, 2003.

Impacto organizacional da implementação de um módulo ERP em PME portuguesas

Organizational impact of implementing an ERP module in Portuguese SME

Ana Rita Martins
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
DCTI
Lisboa, Portugal
ana.rfmartins@gmail.com

Bráulio Alturas
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
ISTAR-IUL
Lisboa, Portugal
braulio.alturas@iscte.pt

Resumo — A partir dos decretos de lei nº 197/2012 e 198/2012 impostos pelo governo português que ditam que qualquer empresa com um volume de negócios superior a 100.000 euros é obrigada a ter um sistema de faturação eletrónico, o presente artigo procura identificar e avaliar os impactos da implementação de um módulo ERP nas PME portuguesas. Através de entrevistas exploratórias realizadas a três empresários e de um questionário realizado a PME portuguesas foi possível compreender a realidade da implementação de um sistema desta natureza bem como identificar as vantagens e desvantagens do mesmo. O trabalho realizado permitiu concluir que apesar de ser um investimento representativo a nível de custos e tempo para as empresas este acarreta benefícios em várias perspetivas, a curto e longo prazo e nas relações externas e internas à empresa.

Palavras Chave - PME, ERP, Faturação Eletrónica, Benefícios.

Abstract — Pursuant decree law no. 197/2012 and 198/2012 published by Portuguese government, whereby it states that any company with turnover higher than 100.000 € is obliged to possess an electronic billing software, this article seeks to identify and evaluate the impacts of an ERP implementation in Portuguese SME. Through both exploratory interviews performed to three entrepreneurs and questionnaire performed to Portuguese SME, it was possible to understand the reality of the implementation of a system of this nature, as well as identifying both advantages and disadvantages. The work performed allowed to conclude that although it represents a significant investment regarding time and costs to companies, the ERP implementation brings benefits in various perspectives, both in short and long term, as well as in internal and external company's relations.

Keywords - SME, ERP, Electronic invoicing systems, benefits.

I. INTRODUÇÃO

No âmbito de reforçar o combate à fraude e à evasão fiscais, de forma a garantir uma justa repartição do esforço fiscal, o governo português em 2012 implementou o decreto de

lei nº 197/2012 onde clarifica que a emissão de fatura é obrigatória para todas as transmissões de bens e serviços, independentemente do sector de atividade. Institui um regime que regule a transmissão de faturas bem como outros documentos com relevância fiscal e a respetiva certificação [1].

A partir de 1 de abril de 2012, deixou de ser possível o uso de máquina registadora ou a faturação manual emitida em documentos impressos por tipografias autorizadas, passando a sistema universal de faturação a utilização de programa certificado. A lei passou a impor a utilização de programa certificado como forma, exclusiva, de emissão de faturas [2].

Esta lei foi imposta para todas as empresas que no período de tributação anterior, tenham tido um volume de negócios superior a 100.000 euros [2].

O tecido empresarial português, em 2013, era composto por cerca de 1.054.792 PME [3], pequenas e médias empresas com menos de 250 efetivos e com um volume de negócios igual ou inferior a 50 milhões de euros ou com um balanço total igual ou inferior a 43 milhões de euros [4].

II. PEQUENA E MÉDIA EMPRESA

As PME representam uma grande parte do tecido empresarial português, em 2013 existiam cerca de 1.054.792 PME comparativamente a 1.021, número de grandes empresas no mesmo período.

Estas empresas são definidas na classe dimensão em função do número de pessoas ao serviço e pelo volume de negócios. De acordo com a recomendação da Comissão das Comunidades Europeias relativa à definição de micro, pequenas e médias empresas de 6 de Maio de 2013, “A categoria das, micro, pequena e média empresas (PME) é constituída por empresas que empregam menos de 250 pessoas e cujo volume de negócios anual não excede 50 milhões de euros ou cujo balanço total anual não excede 43 milhões de euros” [5].

As empresas que não respondem a estes critérios são classificadas como grandes empresas, ou seja, empresas com mais de 250 pessoas ao serviço ou com um volume de negócios superior a 50 milhões de euros e ativo líquido superior a 43 milhões de euros [3].

De acordo com Russo (2006), as PME distinguem-se das grandes empresas pelas suas características, como por exemplo geralmente têm uma estrutura hierárquica e organizacional simples, predominam as empresas não cotadas em bolsa e os recursos materiais, financeiros e humanos são escassos (em comparação com as grandes empresas) o que cria, por vezes, limitações no acesso a tecnologias e sistemas organizacionais mais onerosos e dificuldades no recrutamento de profissionais mais especializados, porventura mais bem remunerados [6].

III. ENTERPRISE RESOURCE PLANING - ERP

A. O Sistema ERP

Os ERP, definem-se como um pacote de *software* modular, que visa auxiliar a gestão integrada dos processos subjacentes aos diversos departamentos e áreas funcionais da empresa, e desta, com os seus parceiros de negócio, clientes e fornecedores [7]. É um sistema de gestão empresarial que integra todas as facetas do negócio, incluindo planeamento, produção, vendas e finanças, tornando estas áreas mais coordenadas pela partilha de informação entre si [8].

Com o ERP o objetivo consiste em, eliminar cargas administrativas, burocráticas e redundância nas operações, mediante a automatização dos processos, permitindo maior consistência da informação e em tempo real desenvolver e gerir o negócio de forma integrada [7].

De acordo com a Deloitte Consulting, um ERP é um pacote, de sistema de *software* de negócio, que permite automatizar e integrar a maioria dos processos de negócio, partilhar a mesma base de dados e práticas comuns por toda a empresa e produzir e aceder a informação em tempo real [9].

B. Principais motivos para implementar um ERP

Segundo vários autores, há três classes de motivos que podem levar uma empresa a implementar um sistema ERP, negócio, tecnologia e legislação [10], [11].

Na classe de negócio, estão associados o aumento na lucratividade ou o fortalecimento da posição competitiva da empresa no mercado. Nesta classe, os motivos podem ainda classificar-se como estratégicos, quando têm como objetivo diferenciar-se da concorrência por meio de adoção de melhores práticas de negócio, ou a preparação para o crescimento e a flexibilidade. Se os objetivos estiverem associados à melhoria dos processos e ao impacto final na lucratividade da empresa, estes classificam-se como motivos operacionais.

A nível tecnológico, a entrada no mercado de novas tecnologias de produção, o controlo da informação e a integração dos dados pode levar à implementação de um ERP.

A mudança na legislação por parte de um governo de um determinado país, pode levar também as empresas à implementação de um sistema ERP que acomode as novas exigências.

Num estudo realizado por Uwizeyemungu e Raymond as motivações para adotar um ERP podem partir também de motivos tecnológicos, na procura de integração nas tecnologias de informação. Por motivos de performance: uma necessidade menor de manutenção e menores custos operacionais, necessidade de informações mais precisas e oportunas para uma melhor tomada de decisão. Por motivos estratégicos: permitir o acesso *online* aos serviços, reestruturar a forma de fazer as coisas e introduzir uma plataforma para futuras mudanças. Ou por motivos operacionais: facilitar o acesso aos dados do sistema, modernização dos processos e necessidade de ferramentas de gestão centralizadas [12].

C. Benefícios da faturação eletrónica

Segundo a Comissão Europeia (2010), as faturas eletrónicas fornecem todos os dados em formato digital, que leva a benefícios substanciais como: prazos de pagamento mais curtos, menor quantidade de erros, redução dos custos de impressão e de envio e o tratamento de dados totalmente integrado. Uma característica insígnia da fatura eletrónica é o seu potencial de automatização, principalmente se for enviado num formato estruturado. As faturas eletrónicas podem ser criadas e transferidas automática e diretamente dos serviços financeiros do prestador de serviço ou emitente para os sistemas do cliente.

Os maiores benefícios económicos, para além da poupança no custo de impressão e o envio postal, são a total automatização e integração entre parceiros comerciais, desde a encomenda ao pagamento [13].

Na ótica dos fornecedores, as transações financeiras e logísticas ao passarem a ser efetuadas eletronicamente, oferecem benefícios imediatos para o emissor e recetor, tais como: redução de custos associados ao processamento e envio de faturas a fornecedores, redução do tempo despendido em tarefas de cariz administrativo e financeiro, com benefícios evidentes para a produtividade dos colaboradores, melhoria da qualidade do serviço prestado, redução de tempos de espera e de atrasos, otimização da gestão e controlo das transações e maior segurança e transparência nas transações são alguns exemplos [14].

Por último, a faturação eletrónica também trás benefícios ambientais significativos, em termos de redução de papel e dos custos energéticos do transporte [13].

IV. MODELO DE AVALIAÇÃO

A. Impacto organizacional da qualidade do sistema, qualidade da informação e qualidade do serviço

Os impactos das tecnologias são frequentemente influenciados indiretamente pelos fatores humanos, organizacionais e ambientais, por esse motivo é difícil e complexo medir o sucesso dos Sistemas de Informação (SI).

Segundo DeLone e McLean, o modelo para avaliar o sucesso dos SI é baseado em seis dimensões: qualidade do sistema, qualidade da informação, qualidade do serviço, uso, satisfação do utilizador, e os benefícios líquidos [15].

Com as várias definições e conceitos encontrados na literatura por vários autores, as características da qualidade dos

SI foram agrupadas em métricas como, a qualidade do sistema, a qualidade do *software*, a qualidade dos dados, a qualidade da informação e a qualidade de serviço. A qualidade do sistema e a qualidade do *software* relacionam-se pelas características técnicas do software. A qualidade da informação depende da qualidade dos dados e lida com o formato do conteúdo e da apresentação da informação aos *stakeholders* (partes interessadas) da empresa [16].

Segundo Gorla, Somers e Wong, o modelo para avaliar o impacto organizacional advém da qualidade do sistema, da qualidade da informação e da qualidade do serviço [16].

B. Impacto Organizacional

Os impactos organizacionais ao nível da empresa podem ser classificados em duas categorias: os impactos organizacionais internos à organização e os impactos organizacionais externos à organização [16].

O impacto organizacional é constituído por cinco indicadores, dois dos quais estão relacionados com impactos internos (controlo de custo dos produtos e eficiência organizacional interna) e três com impactos externos (troca de fornecedores/custos de pesquisa, melhorias de produtos e serviços, e suporte de informações de mercado). O controlo de custo dos produtos está preocupado com a redução de custos, novos desenhos dos produtos e o marketing de produtos. Eficiência organizacional interna reflete a eficiência no processo de tomada de decisão, a comunicação/coordenação interna, o planeamento estratégico e a margem de lucro. Troca de fornecedores/custos de pesquisa, reflete a facilidade com que é possível encontrar fornecedores e produtos/serviços alternativos e a rentabilidade dos fornecedores no poder de negociação. Melhorias de produtos e serviços é responsável pelo aprimoramento da qualidade e disponibilidade dos produtos/serviços ao cliente. Suporte de informações do mercado foi definido como a informação fornecida à empresa em relação às necessidades dos clientes, tendências de mercado e novos mercados [16].

Uma classificação similar foi adotada por Lertwongsatien & Ravichandran, como duas categorias de desempenho organizacional, performance operacional e performance com base no mercado [17].

C. Qualidade do sistema

Segundo Gorla, Somers e Wong, a qualidade do sistema representa a qualidade de processamento do próprio sistema, o qual inclui *software* e componentes de dados, sendo este uma medida da extensão de um sistema tecnicamente viável. Os atributos para a qualidade do sistema estão agrupados em duas categorias: os recursos do sistema na perspetiva do arquiteto (chamada flexibilidade do sistema) e os recursos do sistema na perspetiva do utilizador final (chamada sofisticação do sistema) [16].

A categoria flexibilidade do sistema tem em conta dois fatores: o sistema ser desenhado com recursos necessários e úteis, ou seja, sem recursos desnecessários, e modificações ao *software* podem ser realizadas com facilidade pelo arquiteto.

A categoria sofisticação do sistema denota um sistema *user-friendly* (que é fácil de usar, intuitivo), bem documentado,

os tempos de resposta são rápidos e usa tecnologia moderna que permite facilidade de uso nos sistemas

D. Qualidade da informação

Segundo Gorla, Somers e Wong, a qualidade da informação refere-se à qualidade dos resultados da informação que o sistema produz, que pode estar representada sob forma de relatórios ou nos ecrãs *online*. Esta está definida em quatro dimensões: exatidão, integridade, consistência, atualidade e formato [16].

Exatidão é o acordo com um atributo sobre uma entidade no mundo real, um valor guardado noutra base de dados, ou o resultado de um cálculo aritmético.

Integridade deve ser definida com respeito a uma determinada aplicação, e prende-se com a presença da totalidade da informação relevante relativa à aplicação em questão.

Consistência refere-se à ausência de conflito entre dois conjuntos de dados, e atualidade refere-se à informação mais atual possível.

O formato está relacionado com a camada de apresentação da informação ao utilizador.

Reunidas as quatro dimensões estas são divididas em duas categorias para a qualidade da informação: o conteúdo da informação e o formato da informação. O conteúdo da informação mede a relevância das informações apresentadas ao utilizador nos relatórios, a precisão e a integridade da informação. O formato da informação mede o estilo com que a informação é apresentada ao utilizador, se é apresentada num formato de fácil compreensão.

E. Qualidade do serviço

Segundo Gorla, Somers e Wong, a qualidade do serviço é definida como o grau de discrepância entre a expectativa do consumidor pelo serviço e perceção da performance do serviço. Esta característica é medida por quatro indicadores: confiabilidade, capacidade de resposta, segurança e empatia [16].

A confiabilidade mede a extensão do esforço por parte do fornecedor para melhorar os serviços de informação prestados aos utilizadores.

A capacidade de resposta inclui parâmetros que medem a extensão no qual o fornecedor está disposto a ajudar os utilizadores e providenciar um serviço rápido.

A segurança é a habilidade do fornecedor em construir uma relação de confiança com os utilizadores.

A empatia mede a atenção pessoal e preocupação providenciada pelo fornecedor.

V. METODOLOGIA

Após o desenvolvimento de um quadro teórico sobre as PME em Portugal e um enquadramento sobre os sistemas ERP, iremos estudar o impacto da implementação de um módulo de ERP nas PME portuguesas.

Neste contexto, elaborámos a seguinte questão de investigação: qual o impacto da implementação de um módulo ERP nas PME portuguesas?

Como objetivo geral do estudo, pretende-se responder à questão inicial bem como compreender as vantagens e os inconvenientes da implementação de um módulo ERP nas PME portuguesas.

Para atingir esse objetivo é necessário definir e alcançar objetivos mais específicos, entre os quais:

1. Identificar os motivos que levam uma PME a implementar um sistema ERP;
2. Avaliar o sistema ERP na perspetiva da qualidade do sistema, qualidade da informação e qualidade do serviço prestado pelo fornecedor;
3. Identificar e avaliar os benefícios que a empresa retirou do investimento, a curto e longo prazo;
4. Identificar os benefícios em diferentes âmbitos, internos e externos à empresa;
5. Identificar internamente se houve melhoria na coordenação dos colaboradores, melhorias na comunicação, e maior facilidade e eficiência na tomada de decisões;

Este estudo pretende também verificar algumas hipóteses que aqui se sintetizam:

H1a: A qualidade do sistema está positivamente associada com o impacto organizacional.

H1b: A qualidade do sistema está positivamente associada com a qualidade da informação.

H2: A qualidade da informação está positivamente associada com o impacto organizacional.

H3: A qualidade do serviço está positivamente associada com o impacto organizacional.

Quanto à metodologia de investigação optámos por uma abordagem mista em duas fases, ou seja, adotámos uma metodologia qualitativa com recurso a instrumentos da metodologia quantitativa.

Na fase qualitativa, recorremos à entrevista com o objetivo de nos aproximarmos do fenómeno junto de pessoas peritas na área, ou seja, indivíduos que viveram a experiência que pretendemos explicar. Assim podemos fornecer elementos adicionais na elaboração e concretização do método inquérito a partir da técnica de questionário para a recolha de dados.

Na fase quantitativa, pretendemos uma abordagem mais racionalista, recorrendo ao instrumento questionário de resposta fechada para obter dados quantificáveis. Segundo Fortin, “o método de investigação quantitativo é um processo sistemático de colheita de dados observáveis e quantificáveis. É baseado na observação de factos objetivos, de acontecimentos e de fenómenos que existem independentemente do investigador. A objetividade, a predição, o controlo e a generalização são características inerentes a esta abordagem.” [18].

O questionário foi construído com base no modelo “Impacto Organizacional da qualidade do sistema, qualidade da

informação, e qualidade do serviço” de Gorla, Somers e Wong de 2010 [16], com o objetivo de avaliar o impacto organizacional da implementação de um módulo ERP a partir destas três variáveis. Esteve disponível, através de um *link* da plataforma Qualtrics, desde 3 de maio de 2015 até ao final do mês de junho de 2015.

As perguntas foram construídas a partir dos indicadores definidos no modelo base com o cuidado de serem objetivas, claras e precisas, e com uma linguagem acessível e de fácil compreensão para os inquiridos alvo. São de resposta fechada, com a possibilidade de responder numa escala tipo *Likert* de 1 a 5 desde discordo completamente a concordo completamente e de preenchimento obrigatório.

A distribuição dos questionários foi feita via *email* e via newsletter da UACS (União de Associações do Comércio e Serviços da região de Lisboa e Vale do Tejo) e da ANPME (Associação Nacional de Pequenas e Médias Empresas) para os seus sócios (empresários de PME portuguesas), a partir da qual obtivemos um total de 184 respostas.

VI. ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A. Tratamento dos dados

Com o intuito de realizar uma interpretação dos dados obtidos, torna-se necessário caracterizar a amostra, apresentando-se assim as principais características, 52,80% das empresas são micro, onde a maioria opera no setor dos serviços e comércio, 38,51% e 27,95% respetivamente e são maioritariamente sociedades por quotas (Lda), 62,73%. O módulo de ERP mais utilizado é o módulo de faturação, de seguida o módulo de contabilidade e o módulo de gestão de inventários.

Após a caracterização da amostra e identificação dos sistemas ERP e respetivos módulos, partimos para análise dos resultados do grupo 3 do questionário, “Avaliação do impacto organizacional a partir da influência da qualidade do sistema, qualidade da informação e qualidade do serviço”. De modo a ser viável o estudo procedemos à análise de componentes principais (ACP) para reduzir o número das variáveis. Como pressuposto, assumimos que a escala tipo *Likert* usada, entre 1 e 5, correspondem a intervalos próximos e com afastamentos iguais. Como variáveis foram identificadas a QUALIDADE_SISTEMA, a QUALIDADE_INFORMAÇÃO, a QUALIDADE_SERVIÇO e o IMPACTO_ORGANIZACIONAL confirmando a respetiva confiabilidade com o teste de *Alpha de Cronbach*.

Uma vez identificadas as variáveis realizámos a análise correlacional com o objetivo de medir a intensidade da associação entre as mesmas. Segundo Maroco, “uma correlação mede pura e simplesmente a associação entre as variáveis sem qualquer implicação de causa e efeito entre ambas” [19].

Na Figura 1, realizada com base no modelo teórico, esquematizámos as variáveis identificadas a partir da ACP e as relações entre elas levantadas pelas hipóteses.

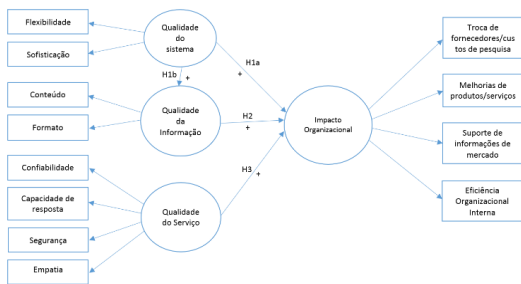


Figura 1 - Principais relações do modelo de avaliação do impacto Organizacional

Analisando a Figura 1, temos como variáveis independentes a QUALIDADE_SISTEMA, a QUALIDADE_INFORMACAO e a QUALIDADE_SERVICO e como variável dependente temos IMPACTO_ORGANIZACIONAL. Descrevendo as relações entre as variáveis a partir das hipóteses temos:

H1a: A qualidade do sistema está positivamente associada com o impacto organizacional.

H1b: A qualidade do sistema está positivamente associada com a qualidade da informação.

H2: A qualidade da informação está positivamente associada com o impacto organizacional.

H3: A qualidade do serviço está positivamente associada com o impacto organizacional.

Através da análise da correlação entre as variáveis verificamos que existe uma forte correlação entre a QUALIDADE_INFORMACAO e a QUALIDADE_SISTEMA (0,751**), a QUALIDADE_SERVICO correlaciona-se fortemente com a QUALIDADE_SISTEMA (0,658**), o IMPACTO_ORGANIZACIONAL correlaciona-se fortemente com QUALIDADE_SISTEMA (0,464**), com a QUALIDADE_INFORMACAO (0,509**) e com QUALIDADE_SERVICO (0,538**).

Uma vez identificada a correlação das variáveis efetuamos a análise das relações entre as mesmas (variável dependente IMPACTO_ORGANIZACIONAL e variáveis independentes QUALIDADE_SISTEMA, QUALIDADE_INFORMACAO e QUALIDADE_SERVICO) através do modelo de regressão linear univariado tipo I.

Tabela 1: Coeficientes da Regressão Linear

Model	Unstandardized Coefficients ^a		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
1 (Constant)	1,038	,380			2,730	,007
QUALIDADE_SISTEMA	,042	,146	,035		,287	,775
QUALIDADE_INFORMACAO	,282	,127	,264		2,222	,028
QUALIDADE_SERVICO	,336	,100	,350		3,365	,001

a. Dependent Variable: IMPACTO_ORGANIZACIONAL

Com o objetivo de percebermos quais as variáveis independentes que contribuem para o modelo e com que

magnitude foram analisados os coeficientes de regressão standardizados (Beta) correspondente a cada variável.

Na Tabela 1, a análise dos valores absolutos de Beta permite-nos concluir que todas as variáveis QUALIDADE_SISTEMA, QUALIDADE_INFORMACAO e QUALIDADE_SERVICO apresentam as maiores contribuições relativas para explicar o comportamento do IMPACTO_ORGANIZACIONAL.

Perante este modelo, quanto maior for a QUALIDADE_INFORMACAO maior o IMPACTO_ORGANIZACIONAL e quanto maior for a QUALIDADE_SERVICO maior o IMPACTO_ORGANIZACIONAL.

B. Verificação das hipóteses

Após realizada a análise dos resultados obtidos efetuamos a verificação das hipóteses levantadas no modelo teórico.

Tabela 2: Resultados das hipóteses da investigação

Hipótese	Resultado
H1a - A qualidade do sistema está positivamente associada com o impacto organizacional.	Confirmada
H1b - A qualidade do sistema está positivamente associada com a qualidade da informação.	Confirmada
H2 - A qualidade da informação está positivamente associada com o impacto organizacional.	Confirmada
H3 - A qualidade do serviço está positivamente associada com o impacto organizacional.	Confirmada

Com base na Tabela 2, confirmamos a verificação das hipóteses definidas, validando assim o modelo conceptual do impacto organizacional a partir da qualidade do sistema, qualidade da informação e qualidade do serviço.

VII. CONCLUSÕES

A implementação de um módulo ERP requer custos, mudança nos processos e uma exigente adaptação por parte dos colaboradores, tornando assim um processo complexo e que poderá criar alguma inércia no ato da mudança.

Não obstante da imposição que obriga a implementação de um sistema de faturação eletrónico, é interessante verificar que o motivo pelo qual, os inquiridos, afirmam ter maior peso na decisão de adotar um sistema desta natureza é a tecnologia, seguido do negócio e só depois surge a legislação.

Quando nos referimos à implementação de um módulo ERP devemos pensar em três perspetivas. Tendo em conta que estamos a falar de um sistema informático, há que ter em consideração a qualidade do sistema, que por sua vez para realizar as suas funcionalidades têm que conter os dados da empresa, ou seja, há que ter em consideração a qualidade da informação, dado que a implementação de um sistema desta natureza são serviços prestados por outras empresas, há que ter em conta a qualidade do serviço, pois todas estas variáveis têm impactos na empresa.

Na opinião dos empresários, para uma boa adaptação dos utilizadores ao sistema, é relevante que este seja flexível, ou

seja, fácil de aprender, contenha apenas funcionalidades úteis e que permita alterações e adaptações ao negócio com facilidade. Deve integrar todos os dados, processos e informação da empresa ou da respetiva área de negócio, necessita de ser fácil e intuitivo de usar, bem como a emissão de documentos do dia-a-dia, como faturas ou guias de transporte deve efetuar-se no menor tempo possível.

A importância dos dados é fulcral para um bom desempenho do sistema. Uma vez que o output é informação, este depende da qualidade dos dados que foram introduzidos anteriormente, que podem estar relacionados com informações de clientes, produtos, processos, inventários, mercadorias, entre outros. Na opinião dos empresários, a informação deve ser avaliada em dois prismas, ou seja, o conteúdo dos outputs extraídos do sistema devem ser precisos tornando-se assim úteis para a tomada de decisões, e quanto ao formato devem ter uma boa aparência tornando-se assim de fácil compreensão.

Uma vez que a implementação destes sistemas requer a contratação de um fornecedor torna-se crucial a qualidade da prestação de serviço do mesmo. Nesta perspetiva, na opinião dos empresários, é relevante a confiança na relação com o fornecedor. Este deve demonstrar interesse em resolver, no tempo devido, problemas que surjam, demonstrando uma capacidade de resposta disponível e rápida. Confirmámos que a qualidade do sistema, a qualidade da informação e a qualidade do serviço estão positivamente associadas com o impacto organizacional. Verificámos também que a qualidade do sistema está positivamente associado com a qualidade da informação, uma vez que as características e configurações do sistema realizam o processamento dos dados e assim constroem a informação extraída do sistema.

A maioria dos empresários que participaram no nosso estudo confirma que os sistemas incorporados nas suas empresas correspondem às características acima referidas, avaliando assim os impactos organizacionais como positivos e destacando os seguintes: melhorias na gestão das encomendas, maior rapidez na reposição de inventários, diminuição no tempo de espera das encomendas, melhorias no serviço prestado ao cliente, melhorias na previsão das vendas, ajuda no processo de tomada de decisão aumentando a qualidade da decisão final e maximização da margem de lucro da empresa.

Destacam-se também melhorias nas relações externas da empresa, pois uma melhor gestão dos inventários e das encomendas permite um relacionamento mais eficaz e mais objetivo com os fornecedores e um melhor serviço ao cliente. Internamente à empresa verifica-se uma melhor comunicação, maior consistência da informação, com maior precisão e em tempo real permitindo gerir o negócio de forma mais integrada.

Numa perspetiva de curto prazo, o sistema facilita e otimiza as atividades do dia-a-dia, como a emissão de documentos, controlo de inventários e redução de custos operacionais. Com a estabilização do sistema e consequentemente melhorias nos processos de negócio permite melhores previsões de venda, melhores tomadas de decisão e maximização do lucro da empresa, são alguns exemplos de benefícios a longo prazo.

Respondendo à nossa questão de investigação, apesar dos contratempos e das dificuldades durante o período de

instalação de um módulo ERP, posteriormente o período de adaptação e estabilização do mesmo e incapacidade de responder a todas as características do negócio, os empresários consideraram que é um investimento que traz vantagens a curto e longo prazo, indo em concordância com os resultados da entrevista inicialmente realizada neste estudo onde afirmam que “valeu a pena”.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Decreto-Lei n.º 198/2012, *Diário da República*, 2012.
- [2] Autoridade Tributária e Aduaneira, “Novas Regras sobre Utilização de Programas Informáticos de Faturação,” 2014.
- [3] INE - Instituto Nacional de Estatística, “Empresas em Portugal – Perfil das Sociedades 2011,” 2013.
- [4] IAPMEI, “Definição de PME,” 2007. [Online]. Available: <http://www.iapmei.pt/iapmei-art-03.php?id=1790>. [Acedido em 17 Outubro 2014].
- [5] Comissão Europeia, “Recomendação da Comissão de 6 de Maio de 2003 relativa à definição de micro, pequenas e médias empresas,” *Jornal Oficial da União Europeia*, vol. L124, pp. 36-41, 2003.
- [6] J. Russo, *Balanced Scorecard para PME*, Lisboa: Lidel, 2006.
- [7] J. C. d. Carvalho, *Logística e gestão da cadeia de abastecimento*, Lisboa: Edições Sílabo, 2010.
- [8] K. C. Laudon e J. P. Laudon, *Management Information Systems, organization and technology in the networked enterprise*, 11th Edition ed., Prentice Hall, 2009.
- [9] Deloitte Consulting, “ERP's Second Wave, Maximizing the Value of ERP-Enabled Processes,” New York, 1999.
- [10] O. Fulane, B. Alturas e E. Lage, “Fatores Críticos na Implementação de Projetos de ERP em dois Bancos Moçambicanos,” em *CISTI 2012 - 7ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, Madrid, Espanha, 2012.
- [11] L. Colangelo Filho, *Implementação de sistemas ERP: um enfoque de longo prazo*, São Paulo: Atlas, 2001.
- [12] S. Uwizyemungu e L. Raymond, “Motivations for ERP adoption in the public sector: An analysis from "success stories",” em *Proceedings of the Annual Conference of the Administrative Sciences Association of Canada (ASAC)*, Toronto, Canadá, 2005.
- [13] Comissão Europeia, “Aproveitar os benefícios da faturação eletrónica para a Europa,” *Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões*, 2010.
- [14] Algardata, “Primavera BSS - Faturação Eletrónica,” 2014. [Online]. Available: <http://www.algardata.com/portugal/produtos/21-produtos-portugal/628-primavera-bss-faturacao-electronica>. [Acedido em 28 12 2014].
- [15] W. H. DeLone e E. R. McLean, “The DeLone and McLean Model of Information Systems Success: A Ten-Year Update,” *Journal of Management Information Systems*, vol. 19, n.º 4, pp. 9-30, 2003.
- [16] N. Gorla, T. M. Somers e B. Wong, “Organizational impact of system quality, information quality, and service quality,” *Journal of Strategic Information Systems*, vol. 19, n.º 3, pp. 207-228, 2010.
- [17] T. Ravichandran e C. Lertwongsatien, “Effect of Information Systems Resources and Capabilities on Firm Performance: A Resource-Based Perspective,” *Journal of Management Information Systems*, vol. 21, n.º 4, pp. 237-276, 2005.
- [18] M. F. Fortin, *O processo de investigação da concepção à realização*, Lusociência, 2009.
- [19] J. Maroco, *Análise estatística – Com utilização de SPSS*, Lisboa: Edições Sílabo, 2003.

CAOS SUITE: Una aplicación de software para el análisis y simulación de Sistemas Dinámicos caóticos. De caos a hipercaos

CAOS SUITE: A software tool for the analysis and simulation of chaotic Dynamical Systems. From chaos to hyperchaos

Pilar Mareca, Borja Bordel

Grupo de Caos en Circuitos Electrónicos (Departamento de Electrónica Física)
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (UPM). Madrid (España)
mpmareca@etsit.upm.es; bbordel@dit.upm.es

Abstract— The weight of the chaotic non-linear dynamical systems is increasingly more important in sectors such as sciences, engineering, health, and, even, economy. This fact pushes the educative community toward the challenge of designing learning methodologies which enables to understand of the chaotic phenomenon. In this paper we propose an educative software application, easily accessible for medium level undergraduates with some knowledge of the foundations of Chaos Theory. This MATLAB application (called CAOS SUITE) allows students to simulate the system's temporal evolution, to see its correspondence in the phase space, to analyze the convergence problems in the Lyapunov's exponents calculation, and to obtain the complexity degree of the studied system by means of the Kaplan-Yorke dimension. The dynamical systems analyzed cover from basics type Jerk to complex systems with Hyperchaos.

CAOS SUITE; Lyapunov exponents; MATLAB software; Chua oscillator; Hyperchaos oscillator; Lorenz system; Chaotic systems

I. INTRODUCTION

Desde los primeros intentos por establecer con rigor una teoría del Caos, iniciados por Henri Poincaré al abordar el problema de tres cuerpos en 1890, el análisis y estudio de los Sistemas no lineales ha despertado gran interés. En los últimos 20 años, el desarrollo de aplicaciones didácticas mediante las cuales se puedan analizar los Sistemas Dinámicos de comportamiento caótico se ha ido incrementando; y en la actualidad, la comunidad científica tiene la suficiente madurez para abordarlo plenamente. En este contexto y de forma totalmente general, también interesa distinguir con precisión si una señal que surge, ya sea en el ámbito de la salud, la sísmica, la astrofísica, la ingeniería... es un ruido, o bien, es una señal caótica [1].

En general, las aplicaciones educativas aplicadas a los Sistemas Dinámicos ponen mucho énfasis en el aspecto gráfico, con gran uso del color, avatares tridimensionales, animaciones, etc. Esta aproximación, sin embargo, aunque permite trabajar con grupos de estudiantes sin formación

universitaria [2], dificulta el observar fenómenos tan importantes como la convergencia numérica de los algoritmos (básica en cualquier aplicación práctica que se desee implementar a nivel profesional). La alternativa suele estar basada en cursos (con mayor o menor contenido multimedia), de una profundidad teórica notable. Sin embargo, los estudios sobre el alumnado de estos cursos [3] muestran como los alumnos de niveles medios universitarios (incluyendo a los recién titulados) no logran finalizar con éxito estos programas formativos. Una tercera vía son las interfaces gráficas de las que disponen algunos algoritmos numéricos en entornos, como por ejemplo, MATLAB. El precedente más importante de este tipo lo encontramos en el llamado "Lyapunov Exponents Toolbox" [4], una librería de MATLAB creada hace más de diez años por su comunidad de usuarios y que permite el análisis del espectro de Lyapunov de varios sistemas mediante una interfaz gráfica. Dicho programa, sin embargo, adolece de un exceso de simplicidad, pues sólo admite el cálculo del espectro de Lyapunov por un único algoritmo numérico, y, como métodos complementarios, sólo permite la obtención de la dimensión de Kaplan-Yorke [5]. Además, los citados exponentes, aunque determinan de manera cuantitativa el grado de complejidad caótica, pueden plantear problemas de convergencia numérica no abordados en [4]. Así pues, la enseñanza relacionada con los Sistemas Dinámicos, especialmente con los no lineales, precisa de un entorno de análisis y simulación mucho más completo; donde no sólo sea posible obtener un resultado, sino también estudiar como éste se modifica al variar los parámetros propios de la dinámica, del método de integración o el algoritmo numérico empleado en su cálculo. Además, un punto clave del programa debe ser su capacidad para mostrar la relación que existe entre las diferentes metodologías de análisis del Caos, y la solución temporal de la dinámica bajo estudio. Todo ello mostrado en una forma que sea asequible para alumnos de nivel medio universitario con algún conocimiento de la teoría del Caos.

Con este planteamiento, proponemos el software CAOS SUITE. Utilizando dicha aplicación, es posible estudiar no sólo el espectro de Lyapunov, sino también la velocidad de

convergencia y precisión de los diferentes algoritmos numéricos destinados a la obtención del mismo. Las dinámicas incluidas abarcan desde sistemas prototipo hasta nuevas propuestas, incorporando, además, aquellos métodos complementarios de análisis que se consideran básicos (como la evolución temporal o el atráctor en el espacio de fases). Todo ello construido sobre una interfaz sencilla, amigable y que permite una fácil manipulación de la simulación.

II. SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS BÁSICOS PARA EL ESTUDIO DE SISTEMAS DINÁMICOS

El procedimiento básico para realizar un análisis cuantitativo acerca del grado de complejidad de un sistema dinámico en cuanto a la mayor o menor divergencia de sus trayectorias en el tiempo, son los exponentes de Lyapunov. Su inclusión en esta aplicación, por tanto, debe ser el punto de partida. Visto esto, en primer lugar, hay que recalcar que los exponentes de Lyapunov ya clasifican de forma unívoca el tipo de trayectoria que se está integrando, por lo que no es necesario incluir otro método cuya finalidad sea distinguir una solución caótica de una regular. Para analizar la solución no lineal, el interés, por tanto, reside más en conocer el desarrollo y la topología que genera en el tiempo la trayectoria, así como su representación en el espacio de las fases (tipo de atráctor, número y carácter de los puntos de equilibrio, etc.). Por ello, inevitablemente, es preciso incluir el atráctor que la solución describe en el espacio de las fases [6].

Otro aspecto muy importante es conocer el carácter de las señales que genera el sistema: su amplitud, su frecuencia, la envolvente, los transitorios (etapa de la señal anterior a la "entrada" en Caos o, incluso, en régimen regular permanente), el aspecto cualitativo y cuantitativo... Para ello es primordial conocer la respuesta temporal, pues es lo que identifica y verdaderamente describe el comportamiento del sistema. El resto de los métodos de análisis utilizan determinadas transformaciones de las series temporales derivadas de los experimentos o de las simulaciones numéricas.

Con los métodos ya considerados, exponentes de Lyapunov, espacio de fases y soluciones temporales, cualquier Sistema Dinámico queda adecuadamente caracterizado. Sin embargo, en ocasiones, es de interés tener una medida cuantitativa de la complejidad de una trayectoria, que se puede medir, por ejemplo, mediante la dimensión del atráctor que ésta describe en el espacio de las fases. Con el objetivo de optimizar el consumo de tiempo utilizado para las simulaciones que se desarrollen en la aplicación, se ha considerado como mejor opción para obtener la dimensión del atráctor, el cálculo de la dimensión de Kaplan-Yorke (que queda automáticamente definida a través de los exponentes de Lyapunov).

En definitiva, los métodos de análisis que se van a incluir en CAOS SUITE son: espectro de Lyapunov (con posibilidad de escoger entre tres algoritmos diferentes para su cálculo); desarrollo de la trayectoria en el espacio de fases; evolución temporal de las soluciones, y dimensión de Kaplan-Yorke.

III. CÁLCULO DEL ESPECTRO DE LYAPUNOV: ESTUDIO COMPARATIVO DE TRES ALGORITMOS

El cálculo numérico práctico del espectro de Lyapunov, ec. (2) de una trayectoria que es solución \bar{x}_r de un Sistema Dinámico n-dimensional ec. (1) [7] encierra varias dificultades.

$$\dot{\bar{x}} = F(\bar{x}) \quad (1)$$

$$\sigma_{\bar{x}_r}^m = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \ln \left(\frac{\|\delta_m(t)\|}{\|\delta_m(t_0)\|} \right) \quad m = 1 \dots n \quad (2)$$

donde $\sigma_{\bar{x}_r}^m$ representa el m-ésimo exponente de Lyapunov, $\frac{\delta_m(t)}{\delta_m(t_0)}$ es la evolución temporal de una perturbación, tan pequeña como se quiera de la solución \bar{x}_r y sobre la dirección m-ésima del espacio de las fases, inicializada en un tiempo t_0 . En resumen, la ec. (2) es la razón del promedio temporal del crecimiento o decrecimiento exponencial, en la dirección m-ésima, de la separación (perturbación) de dos trayectorias inicialmente suficientemente próximas.

Al margen de las dificultades propias de la integración numérica de las trayectorias y su precisión, existen otros dos problemas básicos asociados a la propia definición de los exponentes de Lyapunov [8]. A saber: la obtención de las n direcciones independientes que definen el espectro de Lyapunov y la aproximación práctica del límite infinito. Según las técnicas o procedimientos que se empleen para solucionar uno y otro obstáculo, pueden encontrarse diferentes algoritmos de cálculo [9]. En los apartados que siguen, se presentan, estudian y comparan tres diferentes alternativas.

A. Algoritmo basado en una aproximación de la definición

Este primer algoritmo de cálculo se basa en una reformulación de la expresión matemática del concepto de exponente de Lyapunov, que evite la toma de límites manteniendo, eso sí, el significado físico original. Para ello, se considera un Sistema Dinámico ec. (1), y se seleccionan dos trayectorias del mismo, $\bar{x}(t)$ y $\bar{y}(t)$, próximas la una de la otra de manera que derivamos su diferencia y se obtiene:

$$\frac{d(\bar{x}(t) - \bar{y}(t))}{dt} = F(\bar{x}(t)) - F(\bar{y}(t)) \approx J(\bar{x}_0)(\bar{x}(t) - \bar{y}(t)) \quad (3)$$

donde, al tratarse de trayectorias próximas, ambas pueden ser linealizadas por medio del Jacobiano $J(\bar{x}_0)$ calculado en un punto intermedio del segmento que separa ambas trayectorias en el instante t .

Si, ahora, se supone que transcurre un intervalo de tiempo $\Delta t = h$ suficientemente pequeño como para que la aproximación de primer orden anterior siga siendo válida, se obtiene la ec. (4).

$$\begin{aligned} \bar{x}(t+h) - \bar{y}(t+h) &\approx (\bar{x}(t) - \bar{y}(t)) + h \cdot J(\bar{x}_0)(\bar{x}(t) - \bar{y}(t)) = \\ &= (I + h \cdot J(\bar{x}_0))(\bar{x}(t) - \bar{y}(t)) \quad (4) \end{aligned}$$

Con fines prácticos se define la matriz, $M = I + h \cdot J(\bar{x}_0)$. Siendo I la matriz identidad, y de tal forma que $\vec{v} = M\vec{u}$ representa, de acuerdo con la ec. (4), la divergencia de dos trayectorias en la dirección \vec{u} cuando éstas están lo suficientemente próximas entre sí. En consecuencia,

los vectores propios de la matriz M están directamente relacionados con los exponentes de Lyapunov.

Con todo ello, para obtener el espectro de Lyapunov basta finalmente considerar un conjunto de n vectores $\{\vec{u}_1, \vec{u}_2, \dots, \vec{u}_n\}$ que formen una base ortonormal del espacio de fases, siendo n su dimensión, y calcular su imagen $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n\}$, a través de M con ayuda de la ec. (4), tales que $\|\vec{v}_i\| \approx e^{h\lambda_i}$ siendo λ_i el i -ésimo exponente de Lyapunov en el entorno de \vec{x}_0 según la dirección \vec{u}_i . Con ello, el valor de los exponentes de Lyapunov locales será ec. (5).

$$\lambda_i = \frac{\ln(\|\vec{v}_i\|)}{h} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Si $\lambda_i < 0$ la solución será estable en la dirección i -ésima. Por el contrario, si $\lambda_i > 0$ la solución divergirá en esa dirección, condición necesaria para que la solución sea caótica.

Existen, finalmente, tres aspectos que generan cierta dificultad, a los que se ha dado solución buscando una mejora en la implementación algorítmica.

El primer problema radica en que, en general, el conjunto $\{\vec{u}_1, \vec{u}_2, \dots, \vec{u}_n\}$ no estará formado por autovectores de M , por lo que $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n\}$ no será base ortogonal del espacio de fases (sólo en el caso de que \vec{u} se autovector de M se garantiza que $\vec{v} = M\vec{u}$ conserva la dirección de \vec{u}). En concreto, en trayectorias caóticas, la aplicación M tiende a “colocar” los vectores según la dirección de máxima divergencia, por lo que en el proceso de obtención de los vectores $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n\}$ se tiende a reducir el número de elementos linealmente independientes del conjunto $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n\}$ a la unidad. Será necesario, por tanto, ortogonalizar dicho conjunto $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n\}$ antes de calcular los valores λ_i . Para llevar a cabo este proceso se ha seleccionado la técnica de Gram-Schmidt [9].

El segundo aspecto a solucionar tiene que ver con el carácter local de los valores λ_i . Los exponentes de Lyapunov deben representar globalmente el tipo de trayectoria, su estabilidad y el carácter caótico o regular. Sin embargo, los λ_i obtenidos dependen en principio del punto \vec{x}_0 y, además, tienen un carácter local (ya que se lleva a cabo una aproximación lineal del Sistema Dinámico, ec. (3), sólo válida en el entorno próximo de la solución). Para poder generalizarlo, y que los exponentes tengan un carácter global, es necesario realizar un promedio sobre los valores de los exponentes calculados numéricamente al evolucionar la trayectoria en el tiempo. De esta forma se calculan los exponentes locales numéricamente a lo largo de la trayectoria, siendo la media aritmética de los mismos el valor que se asociará con el espectro de Lyapunov, ec. (6):

$$\sigma_m = \frac{\sum \lambda_m}{K} \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

donde K es el número de evaluaciones de λ_m realizadas.

Cuando el algoritmo converja a un valor definido que represente el límite temporal de la ec. (2) se habrá obtenido el espectro de Lyapunov del Sistema Dinámico. Nótese que la acción de límite en el tiempo está asociado a la obtención de

un conjunto límite o “estacionario” (del que queramos conocer su estabilidad), ya sea un punto fijo (en movimientos periódicos), un círculo (en cuasiperiódicos) o un atráctor extraño (para fenómenos caóticos). Además, son precisamente estos conjuntos límite los que tiene sentido estudiar en cualquier aplicación científica o técnica.

En la referencia [10] se presenta una primera implementación MATLAB de este algoritmo, que sin embargo es necesario completar y adaptar a lo anteriormente expuesto.

B. Algoritmo basado en la ortonormalización de Gram-Schmidt

Aunque estrictamente hablando, el anterior algoritmo ya hizo uso del proceso de Gram-Schmidt, bajo la denominación de este apartado se presenta un nuevo procedimiento de cálculo, basado en la definición tradicional de exponente de Lyapunov descrita en ec. (2).

Dado un Sistema Dinámico $\dot{\vec{x}} = F(\vec{x})$, se puede llegar a una expresión diferencial ec. (7):

$$\dot{\vec{\delta}} = \left. \frac{\partial F}{\partial \vec{x}} \right|_{\vec{x}_r} \vec{\delta} \quad (7)$$

donde $\vec{\delta}$ es una perturbación sobre una trayectoria de referencia y $\left. \frac{\partial F}{\partial \vec{x}} \right|_{\vec{x}_r}$ la matriz jacobiana de $F(\cdot)$ en el punto $\vec{x}_r(t)$

Basta ahora considerar un conjunto de n perturbaciones que formen una base ortonormal $\{\vec{\delta}_1(t_0), \vec{\delta}_2(t_0), \dots, \vec{\delta}_n(t_0)\}$ del espacio de fases, y se puede definir el espectro de Lyapunov ec. (8):

$$\sigma_m = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \ln \left(\frac{\|\vec{\delta}_m(t)\|}{\|\vec{\delta}_m(t_0)\|} \right) \quad m = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

donde $\vec{\delta}_m(t)$ es la solución temporal del sistema de perturbaciones con la condición inicial $\vec{\delta}_m(t_0)$.

En teoría, todo está resuelto con las consideraciones anteriores, pero, en la práctica es necesario hacer ciertas modificaciones para subsanar algunos problemas prácticos de implementación.

En primer lugar, nótese que el cociente $\frac{\|\vec{\delta}_m(t)\|}{\|\vec{\delta}_m(t_0)\|}$ sólo tiene sentido físico (matemáticamente siempre es posible dividir dos escalares) si $\vec{\delta}_m(t)$ mantiene siempre la misma dirección que $\vec{\delta}_m(t_0)$. Esto, que es lo esperable, en realidad presenta una problemática similar a la vista en el apartado anterior: debido a la precisión finita de los ordenadores, la dirección de $\vec{\delta}_m(t)$ tiende con el tiempo a alinearse con la del exponente máximo, sea cual sea la condición inicial considerada.

Para solucionar este inconveniente, se considera el conjunto de soluciones $\{\vec{\delta}_1(t), \vec{\delta}_2(t), \dots, \vec{\delta}_n(t)\}$, que debiera ser ortogonal, y se le aplica el proceso de Gram-Schmidt [9]. Nótese, que puesto que $\vec{\delta}_m(t)$ es una solución numérica, lo que habrá que hacer es ortogonalizar tantas veces como puntos temporales se hayan calculado.

Una vez abordado el problema de la ortogonalidad, queda por resolver cómo representar de forma numérica el concepto de límite. En este caso, como en la mayoría de las implementaciones numéricas de límites, se ha optado por aproximar el valor del límite por una media temporal ec. (9):

$$\sigma_m \approx \frac{1}{T} \ln \left(\frac{\|\delta_m(t)\|}{\|\delta_m(t_0)\|} \right) \quad (9)$$

siendo T el tiempo total de integración

Como último detalle a considerar, se debe hacer una reflexión sobre la eficiencia en el proceso de integración de la trayectoria $\bar{x}(\bar{t})$ en el tiempo: en general, resulta mucho más eficiente transformar un sistema diferencial de n ecuaciones en uno de n^2 (considerando $\bar{\delta}(\bar{t})$ una matriz $n \times n$), que integrar en un bucle n veces el sistema de n ecuaciones. En la referencia [11] puede accederse a una versión completa de este algoritmo.

C. Algoritmo basado en la descomposición QR

A pesar de emplear la definición formal de exponente de Lyapunov, y de considerar soluciones para los principales problemas prácticos que encierra su cálculo, el algoritmo basado en la ortonormalización de Gram-Schmidt aún presenta ciertos inconvenientes.

El primero, y más importante, tiene que ver con las dificultades que entraña trabajar con exponentes negativos muy grandes (típicamente, a partir de valores del orden de -20 empiezan a aparecer problemas).

El algoritmo basado en la ortonormalización de Gram-Schmidt presenta unas oscilaciones muy pronunciadas, hasta que se lleva a cabo un elevado número de pasos de integración, suficiente como para que en el proceso al límite los exponentes converjan hacia los valores reales del espectro de Lyapunov. Estos transitorios, en principio habituales de las medias algebraicas, son sin embargo la causa de que aparezca desbordamiento al intentar calcular los exponentes de Lyapunov, dependiendo del Sistema Dinámico, de la trayectoria o incluso de las condiciones iniciales.

Este problema, que puede obviarse si se trabaja con Sistemas Dinámicos básicos o de poca complejidad, tampoco puede solucionarse empleando tiempos de integración pequeños, ya que los resultados serían completamente inválidos. Como el concepto de exponentes de Lyapunov implica un proceso al límite ec. (8), es habitual que la estructura y valores del espectro de Lyapunov no sean los correctos cuando el tiempo considerado para que evolucione la trayectoria sea insuficiente.

La segunda cuestión que se debe considerar es el error numérico asociado al método. Tal y como se ha planteado la ortonormalización de Gram-Schmidt en el apartado anterior, es necesario realizar en un bucle decenas de operaciones que emplean en cada cálculo todos los resultados anteriores. Esta implementación, aunque estable, facilita la propagación de errores numéricos, lo cual supone una causa importante de que las diferentes direcciones calculadas no sean del todo ortogonales.

La consecuencia final de este inconveniente es que la precisión del cálculo es inferior a la que correspondería por las características del procesador empleado. De forma práctica, por ejemplo, es imposible lograr exponentes nulos que numéricamente sean inferiores a 10^{-3} . Por ello, puede resultar interesante buscar una alternativa al proceso de Gram-Schmidt. La propuesta más utilizada como alternativa, y que aquí también se ha elegido, es la descomposición QR [12].

La descomposición QR, de manera resumida, factoriza una matriz $A_{m \times n}$ en una matriz Q ortogonal (por trabajar sobre el cuerpo de los reales) y una matriz R triangular superior. Para ello, hace uso de las llamadas reflexiones de Householder, de las que una presentación en profundidad puede encontrarse en [13]. Con esto, es inmediato sustituir la ortonormalización de Gram-Schmidt empleada en el algoritmo de apartado anterior por la función QR de MATLAB. El resto del algoritmo es formalmente el mismo.

Respecto de los problemas al principio identificados, sigue siendo posible que aparezca un exponente lo suficientemente pequeño como que MATLAB lo confunda con un cero, sin embargo, esto se manifestaría en un cero en la diagonal principal de R , sin que, necesariamente, la matriz Q se vea afectada. Basta, por tanto, en caso de que aparezca un cero en dicha diagonal, no acumular los valores de esa iteración y pasar a la siguiente.

Si se atiende ahora a la precisión del método, el carácter ortogonal de Q es prácticamente correcto, lo que provoca una mejora sustancial en la precisión del método completo (no es complicado en la práctica localizar ceros numéricos de 10^{-5}). No obstante, para mantener a nivel global la precisión dada por la factorización QR, resulta crucial no acumular valores calculados durante los transitorios de los algoritmos de integración. Este problema afectaba poco al resultado final en los casos anteriores, ya que otras causas impedían aumentar la precisión del método más allá de un límite. Sin embargo, en este último algoritmo, los transitorios pueden ser causa importante de una disminución de la precisión.

D. Análisis comparativo

Una vez se han presentado y descrito los tres algoritmos que utiliza la aplicación CAOS SUITE, se expone un análisis comparativo de su precisión, velocidad de cálculo y mejora en los resultados obtenidos según el tiempo total de integración. Los análisis se llevaron a cabo con dos Sistemas Dinámicos prototipos de Caos (Chua [14] y Lorenz) para poder generalizar más las conclusiones, que no dependieran tanto del sistema escogido, y poder a la vez, tener una referencia de los resultados que deben obtenerse.

TABLA I. PRECISIÓN PARA CADA ALGORITMO

ALGORITMO	ORDEN DE PRECISIÓN
Ortogonalización por Gram-Schmidt	10^{-2} - 10^{-3}
Aproximación de la definición	10^{-1}
Descomposición QR	10^{-4}

Una vez fijado el tiempo máximo de integración de todos los algoritmos al mismo valor, la rutina de cálculo primeramente expuesta y basada en una aproximación de la propia definición de los exponentes de Lyapunov es la que mayor error comete en los resultados en cambio, como se verá, es la más rápida de respuesta. Tras esta rutina, el algoritmo de cálculo basado en la ortormalización de Gram-Schmidt es el segundo más preciso y, finalmente, los mejores resultados se obtienen mediante el empleo de la descomposición QR (Tabla I).

Finalmente, cabe comparar las diferentes velocidades de convergencia que exhiben los tres algoritmos. En este trabajo pudimos comprobar como el algoritmo basado en la factorización QR la convergencia es casi inmediata, mientras que los restantes procedimientos, en mayor o menor medida, oscilan en los instantes iniciales hasta converger razonablemente hacia los valores reales del espectro de Lyapunov.

Además de todo lo anteriormente expuesto, algo determinante a efectos prácticos, una vez vistas las características de precisión de los algoritmos, es conocer el coste temporal de obtener los anteriores resultados (Tabla II).

TABLA II. COSTE COMPUTACIONAL PARA CADA ALGORITMO, EN EL CASO DE CÁLCULO DEL ESPECTRO DE LYAPUNOV PARA EL SISTEMA DE LORENZ

ALGORITMO	TIEMPO DE CÁLCULO (s)
Ortogonalización por Gram-Schmidt	46
Aproximación de la definición	3
Descomposición QR	150

Como puede verse, aunque dado el tiempo de integración su precisión sea la menor de todas, el algoritmo basado en una aproximación de la definición requiere un tiempo mínimo para realizar los cálculos, comparado con el requerido por las otras las alternativas y eso le da ventaja en relación a los otros algoritmos a la hora de querer calcular una estimación previa.

Por otro lado, la gran precisión aportada por el algoritmo QR supone un importante coste computacional, y requiere hasta 50 veces más tiempo que la definición aproximada o el doble si se considera el procedimiento de Gram-Schmidt.

IV. CAOS SUITE

Una vez explicado el contenido de la aplicación, puede plantearse una arquitectura software para codificarla.

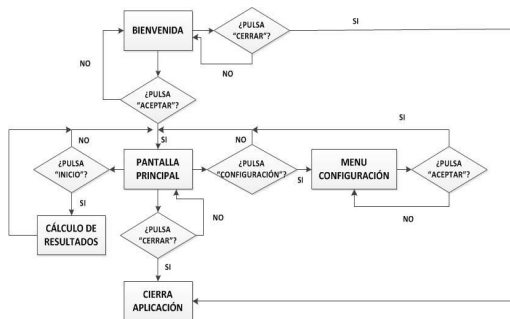


Figura 1. Diagrama de flujo de la aplicación CAOS SUITE

Como base se empleará el entorno GUI de MATLAB [15], que ofrece tanto codificación por línea de comandos, como mediante un entorno gráfico. Además, también incluye la posibilidad de generar un fichero autoejecutable que sea independiente de la existencia de un entorno MATLAB en el ordenador anfitrión (lo cual aumenta las opciones de distribución). La arquitectura de la que se ha dotado a la aplicación CAOS SUITE puede verse en la figura 1.

A continuación, y finalmente, se presentan algunas capturas explicativas de la aplicación obtenida (figura 2).

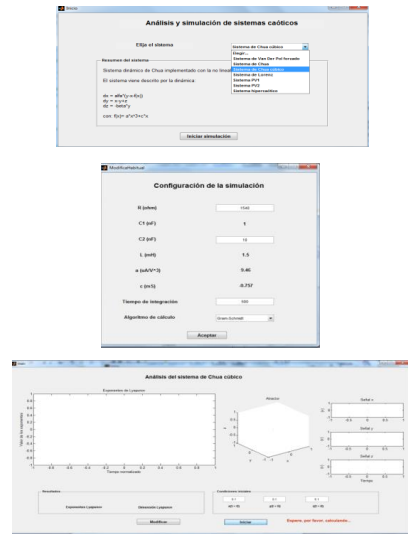


Figura 2. Capturas de pantalla de la aplicación CAOS SUITE. De arriba hacia abajo: pantalla de bienvenida, menú de configuración y pantalla principal del simulador

V. EJEMPLOS PRÁCTICOS DE USO

En este último apartado se presentan varios resultados finales de análisis obtenidos mediante la aplicación CAOS SUITE.

La aplicación permite obtener resultados para seis dinámicas distintas. A saber: sistema de Chua con la no-linearidad del sistema original paradigma de Chaos, sistema de Chua con una no-linearidad cúbica, sistema de Lorenz, sistema de Van Der Pol forzado, sistemas caóticos mínimos PV1 y PV2 [16], y un nuevo sistema hipercaótico (basado en un Sistema de Lorenz modificado) [17]. Los tres sistemas últimos creados por los autores.

Uno de los resultados más importantes, como ya se dijo en las secciones II y III, es el espectro de los exponentes de Lyapunov. En particular, es especialmente interesante el valor del exponente máximo. La Tabla III presenta este valor para

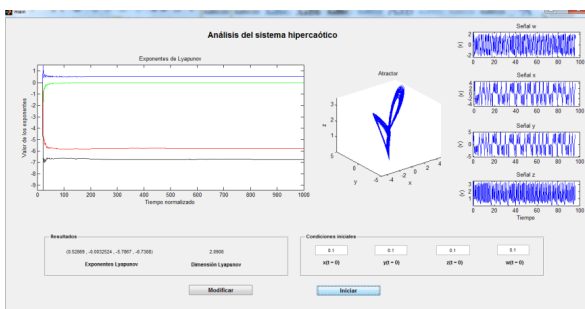
varios Sistemas Dinámicos incluidos, calculado mediante el algoritmo basado en la descomposición QR.

TABLA III. VALOR DEL EXPONENTE MÁXIMO DE LYAPUNOV OBTENIDO MEDIANTE CAOS SUITE

SISTEMA	PARÁMETROS	EXPONENTE MÁXIMO
Chua	$R = 1540$ $C_2 = 10^{-8}$	0.2346
Lorenz	$\beta = 8/3$ $\sigma = 10$ $\rho = 28$	0.9125
PV1	$\alpha = 1.8$ $\beta = 1.8$ $\gamma = 2$	0.0912
Hipercaos	$a = 8$ $d = 0.33$	8.4036

Adicionalmente, como se dijo en la Sección II y se puede observar en la figura 2, otras magnitudes de análisis del Caos han sido incluidas en la aplicación. En la figura 3 se muestra la pantalla de resultados para un caso de estudio de la nueva dinámica hipercaótica. Como se puede apreciar (figura 3), sólo el exponente máximo del espectro de Lyapunov es positivo, lo que implica que la trayectoria es caótica. Además, se aprecia muy bien la rápida convergencia del espectro de Lyapunov calculado mediante el algoritmo basado en la descomposición QR.

También puede observarse que apenas hay oscilaciones, y que, además, el valor se estabiliza rápidamente. Por otro lado, la dimensión de Kaplan-Yorke (o de Lyapunov) tiene un valor de $D_L = 2.0908$, valor que nos permite definir esta solución como caótica sin ambigüedad. Además, la evolución temporal aperiódica característica del Caos subyacente se muestra con claridad, y se verifica que la composición de las distintas señales en el espacio de las fases genera un conjunto fractal (como se aprecia en el carácter no entero de la dimensión de Lyapunov), propiedad del atractor caótico.



Resultados

(0.52869, -0.0032524, -5.7867, -6.7388)

Exponentes Lyapunov

Figura 3. Resultado de simulación para la nueva dinámica hipercaótica, con los parámetros $[a = 10, b = 2, c = 3, d = 10]$

VI. CONCLUSIONES

La aplicación CAOS SUITE presentada permite a estudiantes de ciencia e ingeniería explorar de manera muy accesible, con los métodos descritos y las pantallas gráficas incluidas, diferentes Sistemas Dinámicos que generan soluciones caóticas. Desde los básicos como el PV1 o el PV2, adecuados para estudiantes que deseen conocer de forma elemental como se generan soluciones caóticas en los Sistemas Dinámicos (junto con sus propiedades fundamentales), pasando por los que son paradigma de Caos (como los Sistemas de Lorenz, Chua y Chua cúbico) que resultan adecuados para los futuros ingenieros; para completarlo con un Sistema que genera hipercaos cuyo objetivo es profundizar en situaciones donde la estructura del Caos es más rica y compleja.

REFERENCIAS

- [1] P. Mareca, V. Alcober, F. Alhama, "A software tool for teaching to analyze the chaos in electronic circuits". Proceedings of 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, 2011. p. 1-3.
- [2] F. Bertacchini, "Motivating the learning of science topics in secondary school: A constructivist edutainment setting for studying Chaos". Computers & Education, 2012, vol. 59, no 4, p. 1377-1386.
- [3] I De Waard, "Using mLearning and MOOCs to understand chaos, emergence, and complexity in education", The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 2011, vol. 12, no 7, p. 94-115.
- [4] Lyapunov Exponents Toolbox (última visita Agosto 2014) <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/233-let>
- [5] J. L. Kaplan, J.A. Yorke, "Chaotic behaviour of multidimensional difference equations", Lecture notes in mathematics. 1979, vol. 730, p. 204.
- [6] J. Argyris, H. Maria, "An exploration of chaos". North-Holland, 1994.
- [7] J. Buzzi, "Entropy, volume growth and Lyapunov exponents". 1996. Université de Bourgogne
- [8] C. E. E. Meador, "Numerical Calculation of Lyapunov Exponents for Three-Dimensional Systems of Ordinary Differential Equations". Marshall Dital Scholar, 2011.
- [9] T. S. Parker, L. O. Chua, "Practical numerical algorithms for chaotic systems". New York. Springer, 1989.
- [10] M. Pilant, "Calculating the entire Lyapunov Spectra of the Lorenz Attractor", 2012. Universidad de Texas.
- [11] Algoritmo de cálculo de los exponentes de Lyapunov basado en la ortomormalización de Gram-Schmidt (última visita agosto 2014) <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/47283-lyapspec-zip>
- [12] Algoritmo de cálculo de los exponentes de Lyapunov basado en la descomposición QR (última visita agosto 2014) <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/233-let/content/LET/findlyap.m>
- [13] I. Izaballa, "Reflexiones de Householder y el algoritmo QR", 2013. Universidad del País Vasco
- [14] U. Partlitz, "Lyapunov exponents from Chua's circuit". Journal of Circuits, Systems, and Computers, 1993, vol. 3, no 02, p. 507-523.
- [15] User's MATLAB guide. The mathworks. Inc., Natick, MA, 1998, vol. 5, p. 333.
- [16] P. Mareca, V. Alcober, "Sistemas caóticos tridimensionales mínimos y su implementación con un modelo en red". 2007
- [17] B. Bordel, "Análisis, construcción, simulación y sincronización de circuitos electrónicos prototipos de Caos", Universidad Politécnica de Madrid, 2014

Mass Media in Teaching and Learning: Circumstances in Higher Education

Marcelo Mendonça Teixeira, Cristiane Domingos de Aquino, Marcelo Brito Carneiro Leão, Hugo Vieira L. Souza, Raphael Franklin Fontes de Oliveira, Linaldo Miranda, Ricardo Neves Júnior, Edmar Medeiros
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Departamento de Química / Departamento de Estatística e Informática
Recife, Brazil
brasilunited@gmail.com

Abstract — The new media became an extension of the traditional media, allowing to the public access information in a wide range of digital devices. In this sense, our qualitative study with empirical descriptive nature focuses on a literature review about Web Radio and its educative strand. This is an innovator and incipient issue on literature when investigating the potentialities of the radiophonic universe to the online educative process. By itself, the fruitful study follows the path of the radiophonic evolution integrating the online education on the media sphere, especially on the production of educational content to the programs and the conception of a new language to the environment, a promising ambience to the contemporary radiophonic culture. This investigation considered it important to analyze the educational potentialities of web radios in the Portuguese academic universe. For that purpose, given the characteristics of the study, the research methodology used was of qualitative and empirical-descriptive.

Keywords-component: *Web Radio, Online Education, Interactivity, Collaboration, Elearning.*

I. INTRODUCTION

On the educational field, the cyberspace has enabled the development of virtual learning environments, focused on the utilization of interaction software and the Internet itself as a pedagogic interface potentially capable of decreasing geographical distances and increasing interaction between student and instructor pairs, above all those who act on the distance education modality.

In the late 80's and early 90's, a new socio cultural movement, originated by young professionals in big American cities and universities, reached a global dimension, and with no agency to limit that process, the different computer networks developed in the 70's joined together, while the number of people and computers connected to the network grew very fast, says Vanassi in Teixeira e Ferreira [1]. Thirty years of continuous growth of society and collective intelligence virtualization led to the Millennial Generation (or Generation Y), going from the operating system ENQUIRE development, by Timothy John Berners-Lee, and following Ted Nelson's Xanadu and Hypertext principles to culminate in the World Wide Web, in 1989. Progressively, the Web evolved from a static guideline (1.0) to a collaborative one (2.0), and after that to a guideline of contents portability, information connectivity and programming languages

integration (3.0). Experts already talk about an artificial intelligence Web (4.0), as foreseen by Anandarajan and Anandarajan in Teixeira [2]. At the same time, numerous interactive resources are developed for the Internet and media digitalization.

In other sense, Bauerlein [3] goes further in his "The dumbest generation: How the digital age stupefies young Americans and jeopardizes our future", by accusing the digital era of stupefying and idiotizing young people through anomy, isolation, addiction and cognitive overload. As well as in Portugal, in Spain also co-exists a reasonable number of academic broadcasters which are primarily characterized by a great range of varied programming, including numerous fields in which it is possible to find all kinds of genres and issues.

In addition, university radios are broadcasters that foster radio-creation becoming themselves real alternatives to the general radio dominant content, as they offer a vast collection of Information, Culture and Entertainment. They are also a clear alternative to those contents, which have leading role in the specialized offers field. We will proceed with the presentation of the results in accordance with the objectives of this research, now analyzing the web radios in the Spanish and Portuguese academic universe.

In fact, the need of new sociability behaviors promoted new ways of technological development, changing, shifting and creating unusual relations between Man and information and communication technologies [4]. This was exactly what happened at the turn of the 20th century to 21st century when many revolutionary network communication electronic devices were developed. To Teixeira [5], as a consequence of globalization and technological growth, the subsequent multiculturalism established a new social structure, consisting of different kinds of people and corporations, guided by interactions, collaborations and knowledge exchange in the newly adult virtual universe. Moreover, the potential of computer-mediated interaction is characterized by mutual interaction, interdependent and processes of negotiation, where each member is involved in building the cooperative relationship, affecting each other of reciprocal way.

II. MATERIAL AND METHODS

The investigation from which this communication originated considered important analyze the educational

potentialities of the university radios, specially, in Portugal. Given the characteristics of the study, the research methodology used was qualitative and empirical descriptive, using as techniques and instruments for data collection: Information survey on the web, document analysis (through the technique of content analysis – program grids), on the second semester of 2014.

Investigations through case studies contemplate multiple sources of evidence and different techniques of field research, which could involve the observation of the phenomenon during its occurrence, studies and document analysis, interviews, measurements and qualitative and quantitative surveys inherent to the case, argue Robert Yin in [14].

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Potentialities of Web Radio in Portugal

According to research done on 1st December 2014, on ERC, “Entidade Reguladora Para a Comunicação Social” (Media Regulatory Authority) Website – a Portuguese government agency that regulates and supervises entities media activities on that country – no specific laws for Internet radio broadcasting were found. Radio Law in Portugal draws a distinction between generalist radios and thematic ones; the first ones are those whose content includes a vast array of themes, and the second ones are those that simply obey to a certain model, addressing a specific content, such as music, information or other, being ERC responsibility their respective classification. Alongside with the radios already mentioned, there are university radios produced for and aimed at university populations.



Source: <http://www.ruc.pt/informacao/>

In Portugal, contrary to in other European countries, the university radios on the web appeared at the end of the 90's, and today, after almost two decades, few remain active in the national scenario. The radio researcher Paula Cordeiro, says

that, in Portugal, in 2005, there were four university radios with FM emission and few projects of university radios in the web. Teixeira [9] also shares the same information, identifying the *Rádio Universidade de Coimbra* – from Universidade de Coimbra; the *Rádio Universitária do Marão* – from the Trás-os-Montes and Alto Douro Region; the *Rádio Universitária do Algarve* – from the Universidade do Algarve; and the *Rádio Universitária do Minho* – from the Universidade do Minho, as the portuguese university web radios. Besides these, from the research performed for this work, we have identified the presence of other two university radios – the *Rádio Universitária Beira do Interior* – from the Universidade Beira do Interior, and the *Radio Zero* – from the Instituto Superior Técnico. In global terms, it is possible to assert that they share similar objectives, but have different and heterogeneous structures and program typologies.

However, among the mentioned radios, the *Rádio Universitária do Minho* stands out presently for its diverse and segmented program on the web, dedicated to the promotion and divulgation of cultural, scientific and support activities to the lectures of the Universidade do Minho, representing, at the same time, some of its departments and academic unities, besides a strong cultural intervention in the local community of Braga District (www.rum.pt/shows/livros-com-rum-rep).

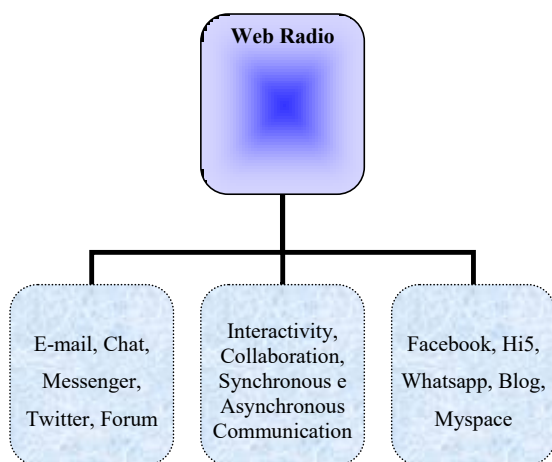
The Rádio Universitária do Minho (RUM) exists since 1989, and since 2006 it started to transmit via web, with a clearly heterogeneous program offer, on which spaces of purely formative-instructive character are mixed with others that explore different categories and formats, closer to some ongoing experiences in Europe. According to Leão [11], the RUM launched two crucial interfaces in the context of its strategy to conquer and gain the loyalty of new public: the website and the online emission. The consolidation of the online emission, particularly, revealed as an alternative to the “conventional receptors”, emphasizing culture, debates on education, science, economy, politics, news, local informs, chronicles, interviews, and specialized reports [2].



Source: www.rum.pt

In its relationship to the Universidade do Minho, the RUM makes available the virtual space and a group of technological interfaces for the lecturers to divulge their scientific works, suggest readings, stimulate the debate on themes related to their disciplines (discussion forums), to inform grades, tests, interviews, divulge local, national and international academic events (congresses, seminars, talks, colloquiums, meetings...), store lectures in podcast (in a way that the student can have access to the discipline contents in any part of the world), besides the possibilities of synchronous and asynchronous communication with the broadcasting station, through E-mail, Blog, Messenger, Twitter, Facebook, Hi5, Whatsapp, Chat, Forum, etc. Besides, it is on the program grid that the RUM is most different from other Portuguese university radios, for its thematic diversity and of the programs dedicated to the educational-cultural and journalistic categories. Let's see interfaces used in universities web radios [10]:

Figure 3. Interfaces of Web Radio



This is the RUM online, functioning as a social communication vehicle of local communities and as a valuable space for the divulgation, socialization and popularization of science and technology, produced by different departments at the teaching institutions. According with the researcher Cordeiro [12], the contribution and influence of university radios in the development of the future professionals' formation, allied to the importance in the context of radio-phonetic communication in general are incontestable, and, in a context where the main concern is the profit-making of the station, university radios appear as elements that offer alternatives of program and formation.

It is also reasonable to argue that teachers' new space and time perceptions, as well as those of the teaching and learning process as a whole, are of a crucial importance in establishing a school under new paradigms, achievable through the application of electronic age concepts, such as *E-learning*, *Open School*, *University Without Walls (UWW)* and *Social*

Web, i.e. the socialization phenomenon already taking place at a global scale in an environment of sharing experiences, information and online learning [13]. Over the years, the media gradually adapted itself to the technological development and the social changes of each period, so much in the program schedule format, as in the genres and in the segmentation of the audience, transformations which ensured its continuity on the contemporary times. Provided with historical facts, Teixeira (2010) explains that is possible to see clearly that happened important changes on the hearing habits of the people.

The universities and schools through a Web Radio can provide educational programs in Podcast with different themes for different courses or areas of knowledge, which will be available online and can be accessed at anytime and anywhere in the world. Through this technological resource, there is no possibility of losing the program if the person is busy, the programs are available online and can be accessed when necessary or possible. The Podcast integrated in the Web Radio brought the ease of access to fast information and collaboration between people around the world.

According to the preliminary results of this investigation, the university radios are not restricted to generalist or informative functions anymore, but figure as a complementary or alternative mean for people's formation. However, the understanding of the web radio as an educational-communicative media has been followed by some difficulties related to the international academic community, in face of the still restricted investigation about the potentialities of online radio. Besides that, due to the similarity of its basic characteristics, it is common for the student public to confound podcast with web radio.

Another question to be considered is the need to create its own identity as a means of mass communication on the web, once it comes from a traditional media format. Even though it is still in need of a solid methodological-theoretical basis, the use of the web radio as a formative interface has been expanding significantly in the world.

Figure 4. Website of Rádio UTAD



Source: <http://ondalivre.fm.net/tag/universidade-de-tras-os-montes-e-alto-douro/>

For students, it represents an extension of knowledge and an interactive room outside the traditional classrooms, approaching Lévy's concept on "cyberculture", or even, on the virtualization process society faces nowadays, in which the virtual is not opposed to reality, but it complements it [8].

Figure 5. Rádio Universitária da Beira do Interior



Source: <http://www.rubi.ubi.pt/entrevistas.php>

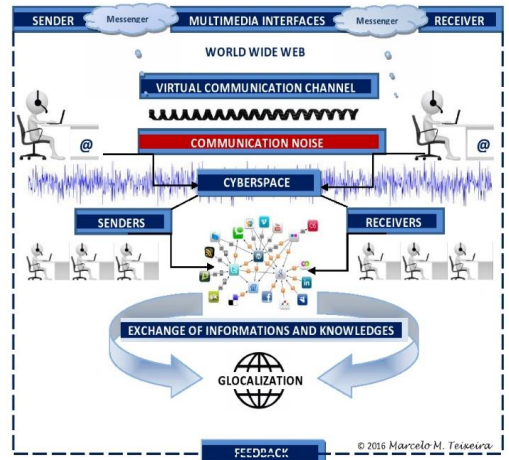
In general, we believe that the radio web use as an educational interface has been significantly expanded throughout the world, though there is still a lack of a solid theoretical and methodological basis. In this sense, it becomes evident the need to more fully investigate the teaching and learning process through the web radio in educational institutions. In the Portuguese case, more specifically, it is crucial to deepen studies on the academic radio educational and training potentials and their contributions to the country. In the contemporary context, exploring web radio educational potentials seems to be a new challenge for educators.

The integration of the university radios in learning platforms deserves to be implemented, being through partnerships with the education institutions, being by initiative of the own university radio, potential doesn't lack for this. When introducing the educative strand, new horizons are established and new possibilities are evidenced toward the classroom and online education. In fact, new interfaces brought facility of access to communication by the increase of storage capacity of news and by the processing speed of information in real time, promoting their educational applications inside and outside classrooms, with the possibility of sharing and storing contents in audio, video, image or text.

The type of communication which prospers on the Internet is related to the free expression in all its forms, according to the predilection of each person, write Manuel Castells in Teixeira [14]. Because of this, has to be highlighted that a new communication technology as the Web Radio sharpens the scientific investigation about the possible contributions which the media can provide to the cyber audience and the different

knowledge fields. Because on the education, referring to the teaching-learning process, lacks contemporaneously of macro and micro studies which come to clarify doubts or show on practice how the educational action occurs, and its relation with the learner community. As says Teixeira [14], at the present, we have a new model of communication:

Figure 6. The Communication Model of Virtual Universe



Source:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Communication_Model_of_Virtual_Universe.jpg

IV. CONCLUSIONS

Staying in line with the Magali Rei's discourse in Teixeira [9], we believe in a set of possibilities brought by the digital era, opening paths to pedagogical innovations, not only the comprehension of the new contexts in which are inserted the technologies, but the understanding in fact of the capacities of the radio on the Internet. However, once consolidated, is necessary to investigate the impacts of this integration on the teaching practice and the contributions to the academic community "in loco".

To define spatial and temporarily the evolution of the radio on the Internet is almost impossible, since this condition is intrinsically related to many factors, varying from the listening habits of the programs to socio-economical questions. However, a concrete indicator is the expansion of the Radio-Learning in the higher education (as occurs nowadays in some European Countries, like Austria, Germany, Spain, France, Italy, Portugal, among others), customizing the radio platforms and the audiovisual communication interfaces according with the target population.

As well as in Spain, in Portugal the university radios have been converted into real alternatives to the big generalist radio stations programming, extremely motivated by a huge expertise and homogeneity which prevails in relation to the contents to which they refer. In this way, the analysis made

has revealed that university radios clearly have a heterogeneous offer, in which programs of educational and instructive character are mixed with others exploring different genres and formats. Consequently, emerges a range of options, in which topics are dealt under different approaches that are dominant in the conventional model, favoring the development of a critical and solidary perspective. Taking advantage of the Internet interactive potentials, university radio stations seem to demonstrate a certain sensitivity in ensuring the rights of access and participation, something that has been increasingly neglected in other communicative fields.

Possibly, depending on the scientific divulgation of the experiences of this radio strand, ever higher education institutions inside and outside the Europe will make use of the radio programming as a complement for the classroom/online classes, as a common space for the exchange of information and knowledge between teachers and the student community. So, the great challenge of the educators is to know the educative contributions that the Web Radio offers and to use on their pedagogical practice. This is one of the references for future studies.

ACKNOWLEDGMENTS

AISTI

REFERENCES

- [1] Teixeira, M., Ferreira, T. 2014. *Tecnologias de informação e comunicação: protagonistas da comunicação virtual*. US: Lulu Publish.
- [2] Teixeira, M., 2012. *Cyberculture: From Plato to the virtual universe. The Architecture of collective intelligence*. Munich: Grin Verlag.

- [3] Bauerlein, M., 2008. *The dumbest generation: How the digital age stupefies young americans and jeopardizes our future*. New York: Penguin Group.
- [4] Lemos, A., 2003. *Cibercultura: Alguns pontos para entender a nossa época*. In Lemos, A., Cunha, P., (Orgs.). *Olhares sobre a Cibercultura*. Porto Alegre: Sulina, 2003, 11-23.
- [5] Teixeira, M., 2012a. *As faces da comunicação*. Munich: Grin Verlag.
- [6] Teixeira, M., Perona Páez, J., 2010. The eduction of web radio: The case studies of Portugal and Spain. *International Journal of Multidisciplinary Thought*, v.1, p.305 - 315, 2010.
- [7] Perona Páez, J., Edu-webs radiofónicas: experiências españolas de educación em medios. *Comunicar*, 13, vol. 23, *Revista Científica de Educación*, 2009. pp. 107-114.
- [8] Lévy, P., 2010. From social computing to reflexive collective intelligence: The IEML research program. *Information Sciences*, 180, 71-94.
- [9] Teixeira, M., 2013. *A Rádio Web na Península Ibérica: Ambientes Educativos no Ensino Superior. Contextos e Comparações de Uma Realidade Contemporânea*. US: Lulu Publish.
- [10] Teixeira, M., 2009. *A rádio web como uma interface dinamizadora da prática educativa: Estudo de caso da RUM*. (Master Dissertation). Braga: Instituto de Educação da Universidade do Minho.
- [11] Leão, V., 2007. *As rádios locais e o desenvolvimento territorial: As rádios universitárias*. Braga: Departamento de Geografia da Universidade do Minho.
- [12] Cordeiro, P., *A rádio e as indústrias culturais. Estratégias de programação na transição para o digital*. Lisboa: Livros Horizonte.
- [13] Correia, C., Tomé, I., 2007. *O que é e-learning*. Lisboa: Plátano Editora.
- [14] Teixeira, M., 2016. *The history of radio. From hertz to the web. Communication, entertainment and education*. Munich: Grin Verlag.

Modelo para Monitoramento em Projetos Distribuídos: Um experimento Utilizando Kanban e Business Process Modeling Notation (BPMN)

Model for Monitoring in Distributed Projects: An experiment using Kanban and Business Process Modeling Notation (BPMN)

Vanessa Faria de Souza, Alexandre L'Erario, José Augusto Fabri, José Antônio Gonçalves
Programa de Pós Graduação em Informática (PPGI),
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio, Brasil
vanessafaria@uenp.edu.br, {alerario, fabri, jgoncalves}@utfpr.edu.br

Resumo — O objetivo deste trabalho é propor um modelo que auxilie no monitoramento do processo de desenvolvimento de software em ambientes distribuídos. Para uma validação inicial do modelo foi desenvolvido um experimento com profissionais da área de TI e foram utilizadas como ferramentas o Kanban e o BPMN.

Palavras Chave – Experimentação, Monitoramento, Projetos, Kanban, BPMN, Desenvolvimento Distribuído de Software.

Abstract — The objective of this paper is to propose a model to assist in monitoring the software development process in distributed environments. For an initial validation of the model was developed an experiment with IT professionals and were used as tools Kanban and BPMN

Keywords - Experiment, Monitoring, Projects, Kanban, BPMN, Distributed Software Development.

I. INTRODUÇÃO

É cada vez mais significativo o número de empresas que estão distribuindo seus processos de produção de software ao redor do mundo. Por isso, o desenvolvimento distribuído tem atraído um grande número de pesquisas na área de Engenharia de Software [4]. Deste modo, os engenheiros de software têm reconhecido a grande influência da nova forma de trabalho e estão em busca de modelos que facilitem o processo de desenvolvimento de software com equipes geograficamente dispersas.

Neste contexto, Wiredu [6] afirma que mesmo em projetos desenvolvidos em um contexto nacional e intra-organizacional, em que a priori, a língua, a cultura e a organização seriam as mesmas, existem dificuldades de monitoramento. O autor afirma que o monitoramento é um desafio no Desenvolvimento Distribuído de Software (DDS), porque inclui a gerência de interações entre pessoas, processos, informações e tecnologias

distribuídas, desta forma deve ter atenção redobrada dos gestores. Pensando nestes desafios e percebendo a importância de um modelo que auxilie os gerentes em suas atividades, este artigo tem o objetivo de propor um modelo de monitoramento e controle para projetos distribuídos, utilizando as técnicas Kanban e BPMN.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. Kanban

O Kanban é um dos principais elementos do processo Toyotista, ele é uma ferramenta simples de controle por meio da qual o sistema puxado de produção (que é o eixo da produção Just in Time) é gerenciado. Um sistema de controle de produção Kanban usa sinais simples, visuais, para monitorar o movimento de materiais entre centros de trabalho, bem como a produção de novos materiais para recolocar aqueles mandados para o próximo centro de trabalho. Além do Kanban que auxilia no processo de monitoramento, para controlar a qualidade dos artefatos gerados o CQT pode ser empregado. O controle de Qualidade Total empregado no processo Toyotista pode ser empregado para validar artefatos gerados no decorrer de um projeto de DDS.

O Kanban é muito utilizado também na indústria de software, este tem seus conceitos principais adaptados para condizer com o processo de desenvolvimento de software, o trabalho de construir uma nova funcionalidade para um sistema só é gerado a partir do momento que uma funcionalidade anterior já tenha sido implementada [1].

O Kanban, dentro desse contexto, procura aperfeiçoar os processos, as equipes e projetos. É útil para empresas que estão procurando melhorar constantemente seus processos, ao passo que melhoram também sua produtividade e sua relação com os clientes. De acordo com Ahmad et al. [1] o principal objetivo

dessa metodologia é avaliar o trabalho em progresso, chamado WIP (Work in Progress). Segundo os mesmos autores essa avaliação tem a proposta de mostrar quando uma funcionalidade do software pode ser arquitetada, codificada ou testada.

B. BPMN

O BPMN (Business Process Modeling Notation) [2], mantido pela OMG, é um padrão de modelagem de processo de negócio, que provê uma notação gráfica para a modelagem de processos em um BPD (Business Process Diagram), o qual consiste basicamente em uma rede de objetos gráficos, tais como Pools, Activities, Gateways e Sequence/Message Flows que definem um processo de negócio.

O principal objetivo do BPMN é prover uma notação que fosse fácil de entender por todos os envolvidos no processo de negócio, desde analistas de negócios, os quais criam o primeiro esboço dos processos, desenvolvedores, responsáveis pela implementação, até as pessoas de negócio que irão administrá-los e monitorá-los [2].

O BPMN visa à criação de um mecanismo padronizado para reduzir a distância entre o projeto e a implementação de processos de negócio, visto que ela permite ser mapeada para diversos formatos de execução. A notação BPMN possui diversas vantagens, dentre as quais podemos destacar o uso de elementos gráficos são de fácil entendimento, intuitivos e um conjunto de regras baseadas na técnica de fluxogramas comuns em processos de negócio [2].

C. Monitoramento e Controle no DDS

Segundo L'Erario (2009), o DDS ocorre quando vários sites cooperam e/ou colaboram para desenvolver um mesmo produto ou parte dele estando distantes geograficamente. Neste cenário, a complexidade do processo se amplia, assim como os desafios inerentes a produção de software. Sengupta [5] apresenta como dificuldade básica do DDS a inabilidade de monitorar o processo efetivamente devido à distância geográfica, diferenças culturais e fuso horário. Mesmo em projetos desenvolvidos em um contexto intra-organizacional, em que a priori a linguagem, a cultura e a organização seriam as mesmas, existem dificuldades de monitoramento [5]

Neste contexto, ao se analisar as principais abordagens de gerência de projetos, nota-se que boa parte de suas composições tratam sobre aspectos do monitoramento. O *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*, apresenta 10 processos de monitoramento e controle de um total de 42 processos propostos. O *Association of Project Management Body of Knowledge (APMBOK)* insere planejamento, medição, monitoramento e ações corretivas em um grande ciclo de controle.

Levando em consideração que muitos dos problemas em projetos de software referem-se ao monitoramento do processo, é fácil entender a razão das significantes parcelas dedicadas a este elemento nestas abordagens de gerência de projetos. Sengupta [5] destaca que entre as principais causas de problemas em projetos de software estão: estimativas inadequadas, relato de status inadequado, ausência de dados históricos de projetos similares, e processos de monitoramento e controle inadequados.

O monitoramento é função básica na execução de qualquer projeto, pois serve para alertar possíveis problemas antes que eles se tornem irreversíveis, a execução de acordo com o planejado depende de uma metodologia de monitoramento adequada. Desta forma, nota-se a importância em monitorar o processo de desenvolvimento de software, fator que é indispensável no DDS.

Wiredu [6] afirma que um projeto neste contexto possui diversos obstáculos para o gerente realizar suas atividades, tais como: a dificuldade de planejar e criar um cronograma devido à separação temporal das pessoas, a necessidade de considerar custos de viagens e de investimento em infra-estrutura, a dificuldade de agrupar a equipe devido a diferenças culturais e de idiomas. Desta forma, é necessário um processo de monitoramento com uma abordagem específica para o DDS, para que assim os desafios pertinentes a sua realização não levem o projeto ao fracasso.

III. MODELO DE MONITORAMENTO EM DDS

Nos O modelo de monitoramento para DDS proposto neste trabalho sistematiza uma forma para monitorar o trabalho dos desenvolvedores. No DDS, como em qualquer processo de desenvolvimento existem diversas etapas (subprocessos) que devem ser executados para gerar o produto final, este modelo sugere a divisão do desenvolvimento em 3 processos essenciais, o processo de execução, o processo de trabalho e o processo de monitoramento.

Processo de execução: Este processo gera um produto final. Caracterizado como as diversas etapas necessárias (subprocessos ou atividades) para se chegar ao objetivo do projeto. **Processo de trabalho:** definido neste artigo como uma unidade do processo de execução (atividade) este é o elemento que é monitorado, tendo em vista o modelo proposto. **Processo de monitoramento:** É o gerente de projetos o responsável pelo processo de monitoramento, ele visa aumentar a eficiência e a eficácia do projeto, por meio de um sistema que monitore as atividades durante o desenvolvimento de um produto.

No que diz respeito ao modelo, o processo de monitoramento é a maneira como o gestor irá verificar a evolução do projeto. Este pode acessar o status das atividades e analisar seus resultados. Este processo também é responsável por gerenciar as diversas versões de artefatos gerados no decorrer do projeto. Os artefatos são gerados a partir das atividades (processo de trabalho) realizadas e podem sofrer alterações advindas de melhoramentos propostos pelo gerente ou outro colaborador. O processo de execução possui as atividades para elaboração do produto (A1, A2, A3, An...) que são iterativas, estas compõem o processo de trabalho. O processo de execução e o processo de trabalho são envoltos pelo processo de monitoramento, como pode ser observado na figura 01.

O projeto é iniciado assim que há uma solicitação, esta pode ser externa ou interna a organização. O processo de execução é buscado na base histórica da empresa para que seja iniciado. O gerente de processos apenas interage com o processo de software, corrige e especifica etapas, otimiza e ajuda a criar novos processos de execução. Em contrapartida o

gerente de projetos gerencia as equipes, ele é responsável por gerenciar todas as unidades de trabalho que devem ser realizadas para a finalização do produto. O gerente de projeto

atribui os papéis e responsabilidades as equipes e a cada colaborador, assim como faz o intermédio entre as solicitações do cliente e a equipe de desenvolvimento.

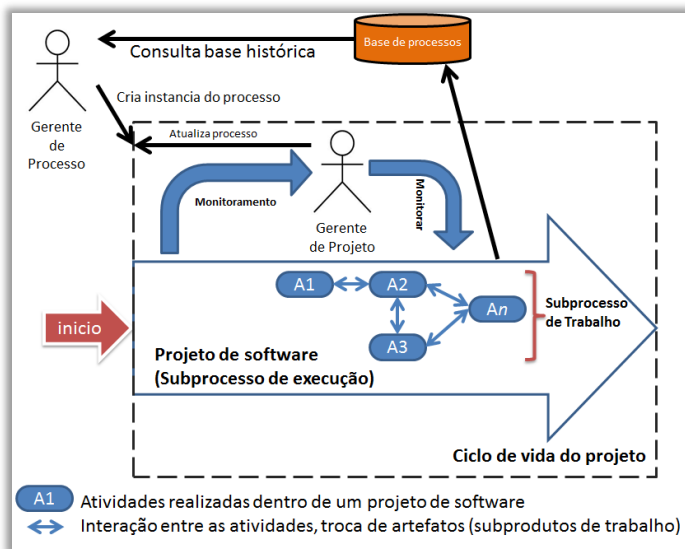


Figure 1. Modelo de monitoramento e controle

IV. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS PARA VALIDAÇÃO DO MODELO

Para validar o modelo foi aplicado o método de pesquisa experimental. O referido método realiza teste das hipóteses por meio de um experimento controlado, projetado de forma a produzir dados necessários, podendo ser realizado em laboratório ou no próprio campo. A utilização do método prevê a execução das seguintes atividades: a) Definição da hipótese. b) Concepção do protocolo experimental. Conjunto de regras ambientais e comportamentais na qual se enquadra o experimento. c) Execução do experimento. d) Análise dos resultados (mapeado em uma seção específica devido a sua importância).

a. **Definição da hipótese:** Para verificar a aplicabilidade do modelo, os autores deste trabalho definiram a seguinte hipótese: **H1:** *É possível monitorar o desenvolvimento de software, aplicando um modelo que utiliza Kanban e BPMN em DDS.*

b. **Protocolo experimental:** Para a concepção do protocolo experimental é necessário: I- Definir o ambiente do experimento. Nesta etapa os pesquisadores devem responder a seguinte questão: O experimento será realizado no laboratório ou no próprio campo do conhecimento? II -Configurar o ambiente: A execução deste passo prevê: 1) Definição das entidades envolvidas no experimento (pessoas, software ou componentes). 2) caracterização das entidades (idade, formação, local de trabalho...); 3) definição da amostra (quantidade de entidades envolvidas no experimento). 4) definição da forma de coleta das informações (aplicação de

questionário, observação direta das entidades, avaliação dos resultados gerados segundo um conjunto de critérios.). 5) Avaliação das informações (as informações geradas possuem consistência, são passíveis de generalização?). As informações inerentes ao protocolo experimental podem ser verificadas na Tabela 1. Apresentado os métodos e procedimento utilizados neste trabalho, a próxima seção irá descrever a aplicação do Modelo.

TABLE I. PROTOCOLO EXPERIMENTAL

<p>0. Ambiente: Laboratório de Engenharia de Software da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Cornélio Procopio.</p> <p>1. Entidades: Analistas de Sistemas e Desenvolvedores do norte do Paraná, atuam em de empresas de desenvolvimento de software.</p> <p>2. Caracterização das entidades: Analistas e desenvolvedores com formação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Ciência da Computação e Engenharia da Computação.</p> <p>3. Definição da amostra: 5 Analistas de Sistemas 7 desenvolvedores todos com mais de 3 anos de experiência na área.</p> <p>4. Forma de coleta das informações: Observação direta das entidades (durante o andamento do experimento) e depoimento das entidades após a participação. O desenvolvimento do experimento foi realizado em salas separadas, as entidades foram divididas em 4 grupos com 3 participantes cada um.</p> <p>5. Avaliação: A avaliação do modelo será delineada a partir da produção de um hardware (Robô Lego), da documentação do processo e um software que determine ações para o hardware, realizado em ambiente distribuído.</p>

V. APLICAÇÃO DO MODELO

O modelo para monitoramento foi aplicado em um experimento efetuado no mês de maio de 2015. Este experimento simulou um ambiente de DDS, os 12 participantes foram divididos em 4 equipes de desenvolvimento. O experimento consistia em três processos básicos: 1- Montagem de um hardware, robô Lego Mindstorms, 2- Elaboração da documentação básica para o projeto (requisitos, diagrama de casos de uso, diagrama de classes e EAP (estrutura analítica do projeto)), 3- Desenvolvimento de um software em linguagem Java que fizesse o robô caminhar e desviar de certos obstáculos.

Cada equipe recebeu peças referentes a uma parte do robô Lego Mindstorms que deveriam construir assim como informações a respeito do software que deveriam desenvolver. Após cada equipe desenvolver uma parte do hardware e

também do software que lhe fora designado, uma das equipes ficou responsável por integrar as partes do hardware e uma outra equipe se responsabilizou por integrar o software.

O modelo de monitoramento proposto consistiu em mapear o processo descrito acima em atividades com BPMN, para auxiliar as equipes, assim como foi solicitado a cada equipe para que utilizasse um aplicativo web que caracteriza o quadro Kanban. Desta forma cada atividade proposta no processo deveria ser passada para o quadro Kanban, este foi utilizado corretamente por cada equipe, assim foi possível determinar hora de início e término de cada atividade, assim como a visualização das atividades que tiveram maior dificuldade de serem realizadas e que em certas situações travaram o desenvolvimento. O modelo em BPMN utilizado no experimento pode ser visualizado na figura 02.

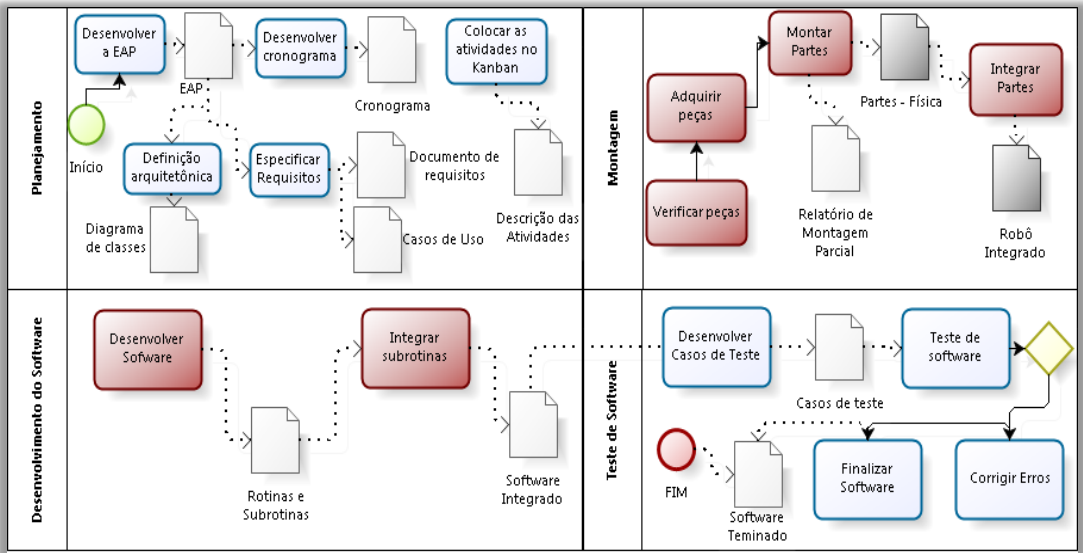


Figure 2. Processo de Desenvolvimento em BPMN

VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS, CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Os resultados obtidos com a aplicação do modelo, levando em consideração o objetivo inicial traçado monitorar o processo de DDS, pode ser constatado de forma empírica e qualitativamente nos itens abaixo:

- ✓ *Possibilidade de visualização:* das atividades sendo desenvolvidas e finalizadas;
- ✓ *Verificação de atividades paradas:* assim que uma atividade começava a demorar em ser realizada os gerentes (no caso autores), enviavam um aviso no chat do próprio Kanban que atividade estava demorando a

encerrar, e caso a equipe tivesse algum problema este imediatamente poderia ser resolvido;

- ✓ *Passagem da atividade para o desenvolvimento assim como foram propostas no processo:* as atividades que foram elencadas no processo em BPMN foram criteriosamente passadas para o Kanban e realizadas da maneira como a gerência especificou, padronizando o processo no geral, o que diminuiu efetivamente ruídos na comunicação.
- ✓ *Realização de interações dinâmicas entre a equipe e a gerência:* assim que a equipe terminava uma atividade deveria postar o artefato gerado, assim o gerente verificava o término de uma atividade e poderia

verificar e validar o artefato dinamicamente durante o desenvolvimento, assim como corrigir eventuais falhas ou erros.

Dado o contexto delineado para avaliação do modelo, conclui-se que **H1**: (*É possível monitorar o desenvolvimento de software, aplicando um modelo que utiliza Kanban e BPMN em DDS*) pode ser caracterizada como verdadeira.

Contudo o modelo foi aplicado em um contexto com poucos colaboradores, e também com duas ferramentas para visualização de processo bem simples, para os próximos trabalhos cabe aos autores ampliar o escopo da aplicação do modelo assim como identificar outras ferramentas que possam auxiliar essa aplicação e desta forma otimizar a utilização do BPMN e do Kanban.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio, delineado para apresentação deste, da Fundação Araucária, da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ahmad, M. O.; Markkula, J.; Ovio, M. "Kanban in software development: A systematic literature review". In 39th Euromicro Conference Series on Software Engineering and Advanced Applications, p. 9-16. Santander, Spain, 2013.
- [2] BPMN, Specification OMG Disponível em: <http://www.bpmn.org/>. Acesso em: Abr. 2015.
- [3] Lerario, A. "M3DS: Um modelo de dinâmica de desenvolvimento distribuído de software". 175 p. Tese (doutorado) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil, 2009.
- [4] Prikladnicki, R.; Audy, E. "Process models in the practice of distributed software development: A systematic review of the literature". Ed. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, v. 32: p. 779-791, 2010.
- [5] Sengupta, B.; Chandra, S.; Sinhá, V. A. "Research Agenda for Distributed Software Development". IN: ICSE. Proceedings, p. 731-740, Shangai, China, 2006.
- [6] Wiredu, G. O. "Coordination as the Challenge of Distributed Software development". IN: Workshop of Distributed Software Development. Paris. France, 2006.

Melhoria do Processo de Software em Pequenas Empresas Utilizando o SPEM: Um estudo de Caso em Engenharia de Requisitos

Improvement of Software Process Small Business Using SPEM: A Case Study on Requirements Engineering

Vanessa Faria de Souza, Alexandre L'Erario, José A. Fabri, Elias C. Genvigir

PPGI: Programa de Pós-Graduação em Informática
Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR)
Cornélio Procópio, Brail.

vanessafaria@uep.edu.br; {alerario, fabri, elias}@utfpr.edu.br

Resumo— Software e sistemas computacionais são o centro de uma variedade de áreas de conhecimento. Portanto, muitas empresas de desenvolvimento de software investem na melhoria de seus processos para obter produtos cada vez melhores. Alguns dos maiores desafios na melhoria de processos de software estão diretamente relacionados aos requisitos. Por isso, esta área exige atenção e recursos. Em relação a melhoria de processo de software este artigo tem como objetivo propor ações baseados no CMMI e ISO'S / IEC 12 207 e 15 288, para melhoria da engenharia de requisitos em uma pequena empresa no sul do Brasil. Após a identificação e avaliação dos problemas da situação atual da empresa, realizado por meio de um estudo de caso, são sugeridas ações para melhorar seu processo de engenharia de requisitos. Para o mapeamento e a representação do processo foi usado a notação SPEM. Após as sugestões das melhorias estas foram implementadas.

Palavras Chave – *Melhoria de Processo; Engenharia de Requisitos; SPEM; Estudo de Caso.*

Abstract— Software and computer systems are the center of a variety of knowledge areas. Therefore, many software development companies invest in improving their processes to get better and better products. Some of the biggest challenges in improving software processes are directly related to requirements. Therefore, this area requires attention and resources. Regarding the improvement of software process this article aims to propose actions based on CMMI and ISO'S / IEC 12 207 and 15 288, to improve the engineering requirements in a small company in southern Brazil. After the identification and assessment of the current situation of the company's problems, carried out through a case study, actions are suggested to improve your requirements engineering process. For mapping and representing the process used was the SPEM notation. Following the suggestions of these improvements were implementadas.

Keywords - *Process Improvement; Requirements Engineering; SPEM; Case Study.*

I. INTRODUÇÃO

A aplicação de soluções por meio de Software se estende por várias áreas de conhecimento e tem sido uma forma crescente de empenhos humanos, como a agricultura, a indústria automobilística, os processos bancários, a modelagem empresarial, os sistemas de defesa, o entretenimento, a pesquisa farmacêutica, a extração de metais primários, as telecomunicações e outros. Mediante esta grande extensão de sua utilização, a taxa de aumento no percentual de funcionalidades dadas em software é expressiva [1]. Por isso muitas empresas e organizações voltadas para o desenvolvimento de softwares investem na melhoria de seus processos de desenvolvimento. A melhoria do processo traz grandes benefícios para a empresa ou organização, aumentando a qualidade de seus produtos e diminuindo os esforços para produzi-los e mantê-los.

Dentro da melhoria de processos de software, os maiores desafios estão relacionados aos requisitos [2], nas etapas de elicitação, negociação, gerenciamento de requisitos e validação. Mesmo com a grande demanda por software ainda é observado o uso inadequado, ou inexistente de uma técnica para melhoramento destas atividades no ambiente de desenvolvimento [2]. A Engenharia de Requisitos é uma das mais importantes disciplinas do processo de desenvolvimento de software, pois suas atividades são principalmente dedicadas a identificar, definir e gerenciar o escopo do produto a ser desenvolvido [1].

Técnicas como entrevista, prototipação ou mesmo o estudo de documentação, e padronização, muitas vezes são mal empregadas, apresentando resultados não muito confiáveis. Mesmo com um processo de elicitação estabelecido, sem um monitoramento ou seu uso de forma parcial, não possibilitará o acompanhamento das alterações que surgem durante a existência de um requisito, desde sua fase de elicitação e ao longo do ciclo de vida do desenvolvimento do sistema [2].

Diante do exposto, este artigo apresenta um estudo de caso que busca melhorar o processo de engenharia de requisitos de uma empresa de desenvolvimento de software localizada no Sul do Brasil. A Empresa X, não possuiu um processo totalmente *ad hoc*, porém não baseia-se nas melhores práticas para o processo de engenharia de software.

Neste sentido, este artigo apresenta um estudo de caso e que visa mapear o processo de engenharia de requisitos desta empresa, verificar seus pontos falhos e com base nestas inadequações propor uma melhoria do processo de engenharia de requisitos da Empresa. Para a sistematização desta proposta foram utilizadas as melhores práticas para o processo de engenharia de software presentes no CMMI, e nas ISO/IEC 12.207 e 15.288 relacionadas a engenharia requisitos [3][4][5].

O estudo de caso foi elaborado fazendo-se um levantamento do processo de engenharia de requisitos existente na empresa. Posteriormente foi feita uma busca das melhores práticas, processos e atividades em engenharia de requisitos que se ajustam a empresa, dentro dos modelos que foram utilizados. Por fim, a proposta de melhoria de processo foi apresentada aos gestores da Empresa X que pretendem adequar o processo de engenharia de requisitos de acordo com a proposta.

II. MELHORIA DE PROCESSO

Melhoria de processo tem sido apontada como um fator determinante para o sucesso e eficácia do gerenciamento de processos. A melhoria de processo apresenta seu próprio foco e direção para qualidade e se concentra em aspectos de melhoria contínua [1]. Manzano et al. [3], definem a melhoria de processo como um conjunto de práticas e técnicas que tem demonstrando fortemente grande avanço em vários aspectos, relacionados à produtividade, custo, cronograma, e qualidade. Os autores ainda salientam que, com a implantação da melhoria de processo, todo o conhecimento da organização, passa a ser centralizado nas melhores práticas e não em pessoas, o que é de fundamental importância em uma organização.

De acordo com a pesquisa de Rahman, Sahibuddin e Ibrahim [1] a melhoria de processo também está sendo utilizada nas empresas de desenvolvimento de software, como uma forma de atender a crescente demanda de forma rápida e com a qualidade exigida no mercado.

III. MELHORIA DE PROCESSO DE SOFTWARE

Melhoria de Processo de Software (MPS) têm atraído interesse de diversas organizações no círculo empresarial de

software, pois estabelece métodos para a gestão de qualidade [4]. Para Jones [5], a melhoria de processos de software é definida como uma metodologia de práticas e documentação padronizada para capturar as atividades, métodos, ações e transformações que são utilizadas para desenvolver software. De acordo com essa definição, as abordagens de MPS são utilizadas para melhorar os produtos e processos considerando os conhecimentos e as experiências de projetos de desenvolvimento de software anteriores. Martins e Silva [6] citam que visando à melhoria da qualidade dos processos de desenvolvimento de software, existem diversos padrões que podem ser aplicados em empresas, como o *Capability Maturity Model Integration of Development* (CMMI-DEV), norma ISO/IEC 15288 e ISO/IEC 12207. Esses padrões são responsáveis por conduzir a melhoria de processo e a qualidade dos produtos [7].

CMMI-DEV: CMMI para o desenvolvimento (CMMI-DEV) é um modelo de referência que visa ajudar as organizações a melhorarem seus processos de desenvolvimento e manutenção para ambos os produtos e serviços. Ele oferece uma abordagem integrada para o desenvolvimento de suas atividades como meta para alcançar seus objetivos de negócios [8].

ISO/IEC 15288: Norma internacional que estabelece um quadro comum para a descrição do processo do ciclo de vida de sistemas. Ela define um conjunto de procedimentos associados e terminologia para o ciclo de vida, incluindo a concepção, o desenvolvimento, a produção, e descontinuidade. Esta norma apoia também a definição, o controle, a avaliação e a melhoria desses processos, que podem ser aplicados concomitantemente e recursivamente, a um regime e aos seus elementos e ao longo de todo o ciclo de vida de um sistema [9].

ISO / IEC 12207: O padrão internacional ou modelo de referência ISO/IEC 12207 para processos do ciclo de vida do software tem como objetivo fornecer uma estrutura única para que os *stakeholders* envolvidos com o desenvolvimento de software utilizem uma linguagem comum que é estabelecida na forma de processos bem definidos [10].

IV. MELHORIA DE PROCESSO DE SOFTWARE COM FOCO EM ENGENHARIA DE REQUISITOS

Em 1990 a principal associação profissional do mundo para o avanço da tecnologia, *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) [11] criou um glossário que define requisitos como [12]: condição necessária para o usuário resolver problemas ou alcançar objetivos, condição que deve ser satisfeita por um sistema ou componente do sistema para satisfazer um contrato, um padrão ou uma especificação e uma representação documentada de uma condição ou capacidade.

De acordo com o IEEE [13] e IEEE [14] o processo de aquisição, refinamento e verificação das necessidades do usuário é chamado de engenharia de requisitos (E.R.). O objetivo da E.R. é sistematizar o processo de definição dos requisitos, obtendo uma especificação correta e completa dos requisitos, tomando o software mais eficaz e eficiente.

Pesquisas apontam que 74% dos projetos que são considerados inadequados a principal causa apontada foi falha nos requisitos [1], [2] e [3]. Ainda segundo Suwanya [4] cerca 50% dos projetos que falham, deve-se a problemas nos requisitos. Na mesma proporção, os projetos que obtiveram sucesso tiveram seus feitos atribuídos ao esforço destinado às atividades de engenharia de requisitos.

Além destes dados, outras pesquisas e estudos de caso atestam a importância da engenharia de requisitos para o sucesso dos projetos de desenvolvimento de software. Por isso a preocupação em adequar o processo de engenharia de requisitos na Empresa em questão, mesmo que esta seja de pequeno porte.

Os padrões CMMI-DEV, norma ISO/IEC 15288, ISO/IEC 12207 apresentam algumas práticas com foco em engenharia de requisitos, as quais serão analisadas e destacadas no estudo de caso, estas serão sistematizadas para compor uma proposta de melhoramento do processo de engenharia de requisitos da Empresa, sendo esta importante para o sucesso nos projetos desenvolvidos por ela.

V. ESTUDO DE CASO

A. Caracterização da Empresa e do Processo de Requisitos

A Empresa X, é uma empresa de pequeno porte focada em desenvolvimento de softwares para empresas comerciais e instituições de ensino, localizada no Sul do Brasil. Fundada em 1995, atualmente desenvolve softwares de gestão. A Empresa X é composta por uma equipe com quinze profissionais das áreas de engenharia de software, e está em busca da maturidade nos seus processos de software para atingir padronização e qualidade.

No primeiro semestre de 2012 a Empresa X teve um aumento significativo no número de contratos, em função do aquecimento do mercado tecnológico. Alguns problemas surgiram no processo de desenvolvimento causando impactos negativos na qualidade de seus produtos.

Os principais problemas detectados na Empresa X foram a desorganização em seu processo de desenvolvimento, a falta de rastreabilidade e gerenciamento dos requisitos, a falta de documentação padronizada, problemas quanto análise e especificação e negociação dos requisitos com os clientes, o que ocasiona impacto negativo na criação de novas funcionalidades ou manutenções das existentes, gerando principalmente entregas fora do prazo e com orçamento em desacordo. Por fim, observa-se insuficiência no controle dos requisitos e vem gerando falhas que poderiam ser facilmente detectadas.

Os processos adotados pela Empresa X foram iniciados, por meio, da escolha da notação para modelagem do processo, sendo escolhido o SPEM, por ser uma notação usada para definir processos de desenvolvimento de software, sistemas e seus componentes. O SPEM é limitado aos elementos mínimos necessários para definir qualquer processo de desenvolvimento de sistemas e software, sem funcionalidades específicas. Seu objetivo é acomodar variedades de métodos e processos de

desenvolvimento de diferentes estilos [15]. Como suporte ao mapeamento dos processos, foi utilizado a ferramenta Microsoft Visio, que permite a criação de diagramas técnicos e profissionais, com imagens vetoriais, que podem ser ampliados e manipulados com facilidade. O Visio foi usado, pois permite gerar diagramas de diversos tipos, como organogramas, fluxogramas, modelagem de dados, diagramas de redes, plantas baixas, cartazes [16]. A Figura 1 apresenta a modelagem, do processo de requisitos atual da Empresa X.

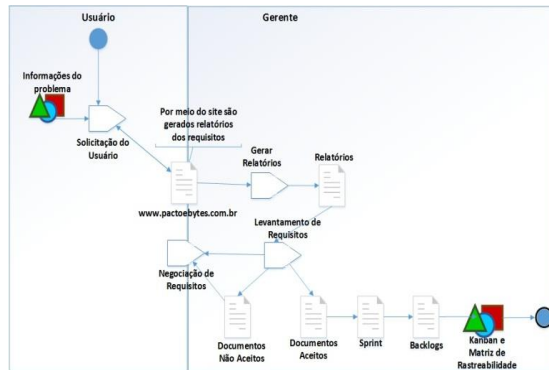


Fig. 1. Modelagem do Processo Atual da Empresa X

B. Proposta de melhoria

Com este estudo, foi possível perceber os pontos falhos nos processos de engenharia de requisitos da Empresa X, uma vez que possibilitou também visualizar o que precisa ser melhorado para que o desenvolvimento seja realizado com sucesso e que o produto seja entregue ao cliente no prazo determinado, dentro do custo estimado e com melhor qualidade. No cenário estudado, foi detectada a ausência de alguns processos para o desenvolvimento de software. Para isto, propõe-se manter o processo atual da empresa, mas com a inserção de alguns subprocessos que serão descritos a seguir, sendo eles: documentação, análise/elicitação, negociação e gerenciamento. O subprocesso de documentação é necessário, porque permite que os envolvidos no processo compreendam de forma facilitada os requisitos e caso algum dos envolvidos deixe de atuar na referida empresa, o conhecimento estará estruturado na mesma [17]. A figura 2 representa o subprocesso documentação.



Fig. 2. Modelagem do Subprocesso Documentação.

A documentação define uma estrutura padrão de documentos para requisitos e faz parte das melhores práticas adotadas para processo de desenvolvimento de software. Isto facilita a interpretação, o entendimento e a compreensão dos envolvidos que precisam entender a estrutura da documentação. O subprocesso de documentação que deve ser adotado está Na tabela I conforme [17], onde omite-se as práticas.

TABELA I. SUBPROCESSO DE MELHORIA NA DOCUMENTAÇÃO

DOCUMENTAÇÃO			
NORMA	SUBPRÁTICA/TAREFA	RELEVÂNCIA	RESULTADO
Boas Práticas no Desenvolvimento de Software	Definir uma estrutura padrão de documentos para requisitos	Facilita a compreensão dos envolvidos, pois estão acostumados com a estrutura	Documentos bem estruturados, legíveis, e que sigam as diretrizes de padrões internacionais

O subprocesso análise/elicitação representado pela figura 3 define que os requisitos devem ser bem compreendidos, para serem implementados e para que atendam a todas as necessidades solicitadas, esse processo será inserido no levantamento de requisitos que é encontrado no processo atual [8] [9] [17]. Analisar criteriosamente os requisitos assegura o atendimento as necessidades dos clientes, bem como a implementação correta dos mesmos. A tabela II representa o subprocesso de análise/elicitação, de acordo com o [8] [9] [17].

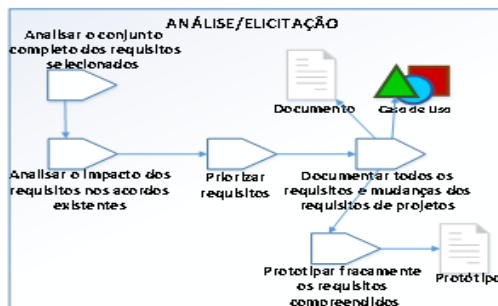


Fig. 3. Modelagem do Subprocesso de Melhoria na Análise/Elicitação.

O subprocesso de negociação, conforme a figura 4 é fundamental, porque é por meio dele que é possível perceber se o cliente está satisfeito com as funcionalidades do sistema [sei 2006] e [iso/iec 2008]. A negociação representada pela tabela III é importante, pois inclui os *stakeholders*, e os acordos firmados e registrados possuem um caráter formal, e tendem a não causar problemas no decorrer do desenvolvimento, o processo de negociação atual será mantido, onde serão inseridas novas atividades [8] [9].

TABELA II. SUBPROCESSO DE MELHORIA NA ANÁLISE/ELICITAÇÃO

ANÁLISE/ELICITAÇÃO				
NORMA	PRÁTICA/ ATIVIDADE	SUBPRÁTICA/ TAREFA	RELEVÂNCIA	RESULTADO
CMMI (DEV 1.3) Gerenciar Requisitos (SG 1)	Obter um Entendimento dos Requisitos (SP 1.1)	Analisar os requisitos para assegurar o atendimento aos critérios definidos	Define que os requisitos devem ser bem compreendidos, para ao serem implementados atendam a todas as necessidades solicitadas	Requisitos bem implementados
	Obter Comprometimento com os Requisitos (SP1.2)	Avaliar o impacto dos requisitos nos acordos existentes	Por meio dela é feita a análise dos resultados, que a inserção ou retirada de certos requisitos, provocam no sistema como um todo	As alterações realizadas não impactarão no sistema como um todo
	Gerenciar Mudanças de Requisitos (SP 1.3)	Documentar todos os requisitos e mudanças de requisitos do projeto	Todas as alterações necessitam ser documentadas, para que todos da equipe de desenvolvimento tenham acesso às mudanças e caso o projeto for realocado para profissionais diferentes, estes tenham o conhecimento do que foi alterado	As mudanças no sistema serão do conhecimento de todos
NBR ISSO/IEC 12207 Definição dos Requisitos dos Stakeholders (6.4.1)	Avaliação de Requisitos	Analisar o conjunto completo dos requisitos selecionados	Englobar os requisitos para aprimorar o conjunto, é uma prática que refina o desenvolvimento auxilia a evitar erros decorrentes de um agrupamento tardio	Agrupamento correto dos requisitos
Boas Práticas em Engenharia de Requisitos	....	Identificar Risco	Evita eventos que possam comprometer o andamento do projeto (cronograma, orçamento e qualidade)	Processo sem ocorrência de desvios
	....	Prototipar fracamente os requisitos	Permite que o cliente tenha uma visão parcial do que será o software e pode dar um feedback	Partes do software, funcionando e aprovadas pelo cliente
	....	Priorizar requisitos	A priorização ajuda a definir quais devem ser os requisitos implementados primeiro	Atender a expectativa cliente, quanto às principais funcionalidades do sistema

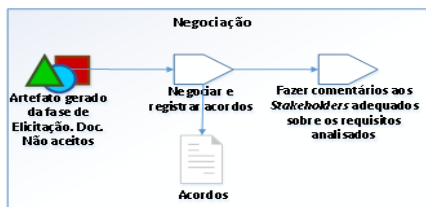


Fig. 4. Modelagem da Negociação

TABELA III. SUBPROCESSO DE MELHORIA NA NEGOCIAÇÃO

NEGOCIAÇÃO				
NORMA	PRÁTICA/ATIVIDADE	SUBPRÁTICA/TAREFA	RELEVÂNCIA	RESULTADO
CMMI (DEV 1.3) Gerenciar Requisitos (SG 1)	Obter Comprometimento com os Requisitos (SP 1.2)	Negociar e Registrar Acordos	Inclui os stakeholders, e os acordos firmados e registrados possuem caráter formal, e tendem a não causar problemas no decorrer do desenvolvimento	Menor quantidade de problemas quanto as exigências dos clientes
NBR ISO/IEC 15288	Analisar e manter os requisitos dos stakeholders	Fazer comentários com os stakeholders sobre os requisitos analisados, de modo a garantir que as necessidades e expectativas tenham sido capturadas e expressadas de maneira adequada	É por meio dela que é possível perceber se o cliente está satisfeito com as funcionalidades do sistema.	Menor índice de reimplantação

O subprocesso gerenciamento, conforme a figura 5 permite que as relações entre os requisitos sejam controlados, e esta permite ao gerente conhecer quais outros requisitos serão afetados por uma mudança [8]. De acordo com a tabela IV as mudanças de requisitos durante o processo de desenvolvimento de software são inevitáveis. Assim, é preciso gerenciar os impactos gerados por estas mudanças [8].

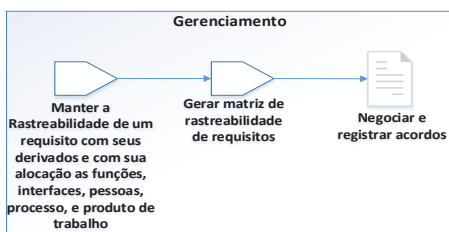


Fig. 5. Modelagem do Gerenciamento

TABELA IV. SUBPROCESSO DE MELHORIA NO GERENCIAMENTO

GERENCIAMENTO				
NORMA	PRÁTICA/ATIVIDADE	SUBPRÁTICA/TAREFA	RELEVÂNCIA	RESULTADO
CMMI (DEV 1.3) Gerenciar Requisitos (SG1)	Gerenciar Mudanças de Requisitos (SP 1.3)	Manter o histórico de mudanças ajuda a rastrear a volatilidade dos requisitos	O sucesso do software vai depender de quanto ele se adequar às mudanças de ambiente, é preciso gerenciar os impactos gerados por estas mudanças	Sistema adequado, as mudanças
	Manter Rastreabilidade Bidirecional dos Requisitos (SP 1.4)	Gerar a matriz de rastreabilidade de requisitos	Por meio dela, é que as relações entre os requisitos são controlados, e ela permite ao gerente conhecer quais outros requisitos serão afetados por uma mudança	Sistema adequado, as mudanças

Após a elaboração da proposta de melhoria, a mesma foi apresentada na Empresa X, bem como, também foi aplicado um questionário para detectar a porcentagem de aceitação do processo de melhoria na respectiva empresa e a possibilidade de implantação do processo de melhoria. A proposta de melhoria teve uma porcentagem de aceitação de 100% pelos funcionários, pelos seguintes pressupostos:

- ✓ Ocorrência de melhoria nas práticas do processo;
- ✓ Os projetos poderão ser entregues dentro do prazo e com o custo estimado;
- ✓ Os produtos alcançarão maior qualidade;
- ✓ A Empresa atingirá o processo de maturidade desejado;
- ✓ Haverá maior controle das mudanças dos requisitos e nos sistemas, ocasionando menos impacto nos projetos.

Mesmo a empresa não utilizando nenhum tipo de linguagem de modelagem, após a apresentação da proposta de melhoria, não houve um impacto negativo quanto à utilização do SPEM, este foi bem compreendido e aceito no âmbito da empresa. A tabela V apresenta os resultados esperados com a implantação das atividades do processo de requisitos, selecionados no questionário apresentado na Empresa.

TABELA V. IMPACTOS ESPERADOS COM A IMPLANTAÇÃO DAS ATIVIDADES DO PROCESSO DE MELHORIA

PROCESSO	RESULTADO ESPERADO
Engenharia de requisitos	Gerenciamento
Projeto de Software	Detalhamento
Desenvolvimento de Software	Antecipação de Mudanças
Teste de Software	Níveis de teste (unidade, integração, sistema)
Manutenção de Software	Estimativa de custo
Gerencia de Projeto	Planejamento de projeto
Qualidade de Software	Resolução de problemas

VI. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A análise do processo possibilitou a constatação de que o mapeamento de processos é de fundamental importância para a eficiência na execução e gerência de projetos. O cenário de solução foi elaborado após um estudo do processo que acontece no desenvolvimento de software da Empresa X, avaliando os processos de engenharia de software e a metodologias de desenvolvimento. Com este estudo, foi possível perceber os pontos falhos dos processos de desenvolvimento de software da Empresa X, uma vez que possibilitou também visualizar o que precisa ser melhorado para que o desenvolvimento seja realizado com sucesso e que o produto seja entregue ao cliente no prazo determinado, dentro do custo estimado e com a melhor qualidade possível. De acordo com a apresentação do processo de melhoria na Empresa X, foi possível perceber uma aceitação de 100% do processo de melhoria, sendo que, com a implantação do processo acredita-se que haver melhoria nas praticas do processo. Os projetos poderão ser entregues dentro do prazo e com o custo estimado, os produtos alcançarão maior qualidade. A Empresa poderá atingir o processo de maturidade desejado e poderá haver também maior controle de mudanças e dos impactos ocorridos nos projetos.

No cenário estudado, foi detectada a ausência de algumas atividades no processo de engenharia de requisitos. Para isto, propõe-se adotar continuar com o processo atual, porém acrescido dos subprocessos: Documentação, Análise/Elicitação, Negociação e Gerenciamento. Com a inserção desses subprocessos no processo atual da Empresa X é possível que a empresa alcance o nível de maturidade nos seus processos de software consequentemente atingir a padronização e a qualidade desejadas. Sendo a principal área de desenvolvimento da Empresa a fábrica de software é essencial que esta possua ações de melhoria de processos. Essa adequação poderá impactar positivamente no processo da engenharia de requisitos consequentemente no processo de software como um todo, os projetos apresentarão maior detalhamento, as mudanças serão gerenciadas durante o desenvolvimento de software, será possível também a inclusão de vários níveis de teste (unidade, integração, sistema), ocasionando também melhor planejamento dos projetos e uma maior confiança de o que está sendo desenvolvido é realmente o que o cliente deseja e necessita. Por fim o produto poderá ser entregue ao cliente no prazo determinado, dentro do custo estimado e com melhor qualidade.

VII. TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se como trabalho futuro a implantação do processo de melhoria na Empresa e a elaboração de um levantamento, junto aos colaboradores e gestores, para validação da eficiência da proposta.

VIII. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio, delineado para apresentação deste, da Fundação Araucária, da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI).

REFERENCIAS

- [1] A. Rahma, S. Sahibuddin, S. Ibrahim, "A Study of Process Improvement Best Practices". In: 5th Internacional Conference on IT & Multimedia at UNITEN (ICIMU 2011) Malaysia, 2011.
- [2] C. Lahoz, J. B. Camargo, "Um Estudo sobre a Atividade de Elicitação de Requisitos em Projetos de Software da Área Espacial", 2006.
- [3] J. A. Calvo-Manzano, G. Gómez, J. Mejia, M. Muñoz, T. Feliu, "Methodology for process improvement through basic components and focusing on the resistance to change". In: Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, 2010.
- [4] S. Suwanya, W. Kurutach, "An Analysis of Software Process Improvement For Sustainable Development in Thailand". In: Proceeding of IEEE 8th Internacional Conference on Computer and Information Technology (CIT2008). Sidney, Australia, 2008.
- [5] C. Jones, "The Economics of Software Process Improvement," Computer, vol. 29 (1), pp. 95-97, 1996.
- [6] P. Martins, A. R. Silva, "PIT-ProcessM: A Software Process Improvement Meta-model". In: 17th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology. Porto, 2010.
- [7] T. Varkoi, T. Miikinen, H. Jaakkola, "Process Improvement Priorities in Small Software Companies". In: : Proceeding of IEEE 8th Internacional Conference on Computer and Information Technology (CIT2008), 1999.
- [8] Software Engineering Institute – SEI – Carnegie Mellon University.. CMMI for Development: Technical report (CMMI-DEV) CMU/SEI-2006-TR-008 Version 1.2. Pittsburgh, PA, USA, 2006.
- [9] International Organization for Standardization - Systems and software engineering : system life cycle processes Ingénierie : ISO/IEC 15288 IEEE Std 15288: 2008. Genève : ISO/IEC, 2008.
- [10] International Organization For Standardization. ISO/IEC 12207: Processo do Ciclo de Vida do Software. 2008.
- [11] IEEE 2009. O que é o IEEE? Disponível em: <<http://www.ieee.org.br>> Acesso em: abr. 2014.
- [12] IEEE Std. 610.12 IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology. The Institute of Electrical and Electronics Engineers. New York, 1990.
- [13] IEEE Std. 830. IEEE Guide to Software Requirement Specification. The Institute of Electrical and Electronics Engineers. New York, 1984.
- [14] IEEE Software: Measurement Based Process Improvement.v.11(4). July 1991.
- [15] SPEM, "Software & Systems Process Engineering Meta-Model Specification. Version 2.0. Final Adopted Specification", 2002.
- [16] Microsoft Visio [Online]. Disponível em: <<http://office.microsoft.com/Visio>>, Acesso em: abr. 2014.
- [17] Softex, MPS.BR, Melhoria de Processo do Software Brasileiro SOFTEX. Implementação – Parte 1: Fundamentação para Implementação do Nível G do MR-MPS, 2009. Disponível em: <www.softex.br> Acesso em: abr. 2014.

Sistema de Informação para a Gestão de Emergências em Moçambique: Fatores Críticos de Sucesso

Information System for Emergency Management in Mozambique: Critical Success Factors

Siste

Nádia Vaz
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
ISTAR-IUL
Maputo, Moçambique
nolindavaz@gmail.com

Bráulio Alturas
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
ISTAR-IUL
Lisboa, Portugal
braulio.alturas@iscte.pt

Adriana L. Fernandes
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
ISTAR-IUL
Lisboa, Portugal
adriana.fernandes@iscte.pt

Resumo — A gestão de emergências (GE) depende fortemente da existência de um sistema de informação, suficientemente flexível e adequado às características das operações, e constitui, de acordo com a literatura, um dos maiores desafios na GE. O estudo apresenta os resultados da identificação dos Fatores Críticos de Sucesso (FCS) do Sistema de Informação de Gestão de Emergências (SIGE) em Moçambique. As cheias do ano de 2013 em Moçambique, na província de Gaza, foram utilizadas como caso de estudo, usando uma abordagem qualitativa, através da utilização do método dos FCS. O estudo evidenciou os seguintes fatores críticos para o sucesso dos SIGE em Moçambique: o uso de sistemas padronizados para assegurar a qualidade e utilidade da informação; um sistema informático flexível e simples de atualizar, o fácil acesso e disponibilidade de dados; a garantia da capacidade de organização e de liderança nos SIGE; o uso de sistemas simples e disponíveis de comunicação e de partilha de informação; a manutenção do investimento feito na coordenação.

Palavras Chave - gestão de emergências; sistemas de informação; Moçambique; desastres.

Abstract — Emergency management (EM) is strongly dependent from an information system sufficiently flexible and appropriate to the operational characteristics and demands represent, according to the literature, one of the biggest challenges in the EM. The study presents the results of the identification of the Emergency Management Information System (EMIS) Critical Success Factors (CSF) in Mozambique. The 2013 floods, in Gaza province, were used as the study scope, using a qualitative approach, through the FCS method. The study showed that the following critical factors for the success of EMIS, in Mozambique, are: the use of standardized systems for ensuring the quality and usefulness of information; a flexible and simple to upgrade computer system, easy access and availability of data; ensuring organizational skills and leadership in EMIS; the use of simple and affordable communication systems and information sharing; the maintenance of the investment made in coordination.

Keywords - emergency management; information systems; Mozambique; disasters.

I. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, o crescimento populacional a nível global e a concentração geográfica da população mundial em zonas perigosas aumentaram o risco de desastres naturais [1]. Ao nível global, nos últimos vinte anos, os desastres foram responsáveis pela morte de 1,3 milhões de pessoas, tendo causado um prejuízo na ordem dos dois trilhões de dólares americanos, valor superior à ajuda humanitária providenciada no mesmo período. Além disso, o impacto na economia e no Produto Interno Bruto (PIB) ao nível nacional, e na redução do comércio internacional [2], bem como as consequências sociais como a insegurança alimentar, sobrecarga as infraestruturas de saúde, educação, sanitárias e até a eclosão de doenças epidémicas [3] são significativas.

Tendo em vista essas questões e em busca de ferramentas que possam auxiliar os governos para que estes eventos naturais não se transformem sistematicamente em catástrofes, são utilizados sistemas de informação de gestão de emergências (SIGE). Estes sistemas, se bem estruturados, podem, em tempo oportuno, fornecer a informação sobre o risco, a magnitude do desastre natural, o impacto sobre as comunidades e as necessidades de assistência. Podem ainda, suportar a tomada rápida de decisão e uma melhor coordenação da ajuda, assegurando a proteção de bens e uma assistência eficiente e atempada aos que mais necessitam.

Em Moçambique, apesar de existirem mecanismos de coordenação com liderança institucional e políticas claras, traduzidas numa estrutura organizacional relativamente bem montada, o desenvolvimento dos SIGE mostra ainda inconsistências, com falhas na busca de informações, podendo levar a perdas económicas desnecessárias, sofrimento da população e aumento da pobreza [4]. Os vários esforços feitos para melhorar o SIGE em Moçambique, ainda não foram bem-sucedidos.

Tendo em vista essas questões o presente estudo tem como objetivo identificar os fatores críticos para o sucesso do

Sistema de Informação para a gestão de desastres. O estudo terá como foco as cheias que ocorreram em 2013 em Moçambique, pois para o país essas representam, dentre os desastres naturais, aqueles que levam a maiores perdas económicas.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Fatores Críticos de Sucesso (FCS)

John Fralick Rockart, em 1979, define os FCS como: “O número limitado de áreas nas quais os resultados, se satisfatórios, asseguram o desempenho competitivo bem-sucedido da organização” [5]. Posteriormente essa definição foi complementada e os FCS passam a ser entendidos como “as poucas áreas de atividade nas quais os resultados favoráveis são absolutamente necessários para um gestor atingir os seus objetivos e nos quais deve focar a sua atenção” [6].

O método FCS de Rockart foi largamente adoptado e aplicado em vários contextos organizacionais e é sobretudo bem-sucedido como suporte à planificação, na comunicação do papel das tecnologias de informação aos gestores de topo e na promoção de um processo de análise estruturada que leva a uma maior aceitação, por parte destes gestores, da introdução de tecnologias de informação que apurem as infraestruturas organizacionais. Considerando essas questões pode-se dizer que o método é funcional ao nível estratégico, político, e mesmo operacional para a planificação dos recursos de informação, estabelecendo a ponte entre interesses institucionais estratégicos e a organização de sistemas de informação [7, 8].

Quanto à importância dos FCS, sublinha-se que a determinação explícita das variáveis que poderão influenciar o sucesso da organização, ou seja os FCS, é tão importante quanto a determinação das metas numa organização, para as quais sugerem as três principais aplicações: ajudar os gestores na identificação das informações que necessitam; auxiliar a organização no processo de planeamento estratégico, de longo e médio prazo; motivar a equipa para o processo de planeamento dos sistemas de informação [6].

Desde a sua concepção, o conceito original dos FCS foi vastamente utilizado. Em uma análise detalhada de pesquisas que recorreram à prática dos FCS, foi demonstrado que este método foi utilizado com sucesso em muitas áreas dentro dos Sistemas de Informação (SI) [9]. Contudo, aponta-se também, como uma das debilidades do método, a necessidade de ser praticado por um analista experiente e a conveniência de os FCS serem apresentados na forma de actividades, conforme proposto por Rockart, ao invés de FCS ambíguos e difíceis de medir [7], [10], [11], [12]. Com base nessas pesquisas considerou-se a metodologia efetiva para identificar os aspectos considerados essenciais aos SIGE.

B. Sistemas de Informação de Gestão de Emergências (SIGE)

Um sistema de informação (SI) pode ser definido como todo o sistema, computarizado ou não, usado para prover informação (incluindo o seu processamento), qualquer que

seja o uso feito dessa informação. Pode, além disso, ser também referido como “o conjunto de procedimentos que estão logicamente organizados entre si, informatizados ou não, e que visam o tratamento de toda ou parte da informação de uma organização, de modo a colocá-la à disposição dos utilizadores quando e onde necessários” [13].

Os SI são fundamentais no planeamento, organização e controlo das operações, particularmente aquelas de emergência, que exigem grande flexibilidade, e são fortemente influenciados pelos efeitos da globalização, pois a circulação da informação é fundamental não só na mobilização de recursos internacionais como também para estimar as implicações em termos de impacto socio económico ao nível regional e internacional.

Em um país como Moçambique, que aposta substancialmente na descentralização da gestão e da tomada de decisões, os Sistemas de Informação ligados a gestão de emergência ou gestão de desastres, mais conhecidos como SIGE são críticos para uma maior efetividade da operação, ou seja, permitem a melhor assistência às pessoas afetadas – no tempo certo com os recursos necessários – e redução de custos por facilitar a coordenação e partilha de informação e por evitar a repetição de levantamento de dados. Acresce a necessidade de mobilidade dos sistemas, bem como a sua capacidade de operar em contextos em que as comunicações possam estar afectadas.

O papel do SIGE é extremamente relevante e proporciona uma melhor orientação das equipas de busca e salvamento e a otimização na planificação da alocação dos recursos, sejam humanos, financeiros ou de assistência humanitária, melhorando a eficiência da gestão de emergência como um todo.

Tendo em vista que a principal função dos SIGE é “providenciar a informação certa às pessoas certas, no formato adequado, no momento e lugar certo” [14], o estabelecimento do mesmo enfrenta vários desafios dos quais se destacam: i) o contexto multi organizacional e os vários níveis administrativos envolvidos no processo de gestão de emergência e no próprio SI, já que a assistência humanitária é providenciada em contextos envolvendo organizações de vários tipos e dimensões, como as autoridades locais e centrais nacionais, organizações internacionais e não-governamentais (ONG); ii) a dimensão geográfica uma vez que os desastres naturais não obedecem a fronteiras administrativas; iii) a produção de grande quantidade de informação por diferentes instituições ou organizações, muitas vezes heterogénea, multidimensional, de natureza diversa (utilizadores e planificadores) e fortemente associada às necessidades particulares de alguns dos utilizadores da informação; iv) o facto de os fornecedores de informação, e os assistentes humanitários não terem o mesmo nível de acesso à tecnologia; v) interesse na circulação da informação, possivelmente devido ao receio na perda de autonomia e controlo; vi) a necessidade de consolidação e análise em tempo real [15, 16].

Para que o SIGE seja aceite e utilizado por todos envolvidos na gestão de desastres, deverá ser planeado de forma participativa, com envolvimento dos utilizadores finais, com inclusão de instrumentos de comunicação e coordenação adaptados às capacidades dos intervenientes; dando-se aqui maior ênfase ao esclarecimento da informação essencial na gestão de emergências, à identificação de quem necessita dessa informação e que mecanismos tecnológicos podem facilitar a recolha e comunicação sistemática de dados [17], [18]. Por estes factos, os próximos tópicos irão discutir os fatores críticos de sucesso para o bom funcionamento do SIGE em Moçambique.

III. ÂMBITO DO ESTUDO

As cheias de 2013, em Moçambique, tiveram um impacto na população de 117 mortos e cerca de 186.000 pessoas evacuadas para centros de acomodação, na bacia do Limpopo. Os danos estimados excederam os US \$250 milhões, dos quais 50% na rede de estradas e 30% no sector agrícola.

O impacto foi menor comparado as cheias do ano 2000, devido ao facto das autoridades moçambicanas terem declarado alerta vermelho atempadamente, ativando a capacidade máxima de resposta, incluindo os mecanismos de coordenação dos sectores de Governo de Moçambique (GdM) e a Equipe Humanitária do País (HCT). Entretanto, enquanto o Sul do país se debatia com o problema de cheias, na região norte, uma precipitação abundante, associada ao problema de saneamento, favoreceu a ocorrência de um surto de cólera, que ceifou a vida de mais 19 pessoas.

Caracterizado como de ocorrência rápida (*flash floods*), este evento teve repercussões severas, já que muitas pessoas perderam parte ou a totalidade dos seus haveres, houve destruição de infraestruturas, corte de vias de comunicação rodoviária entre o sul e norte do País e perda de mais de 2.000 hectares de culturas agrícolas [19]. O início da assistência humanitária levou mais de três dias a iniciar-se, estando dependente de dados concretos e de uma operação aérea. A mobilização de quatro helicópteros para a evacuação e assistência às pessoas afetadas custou ao país milhões de dólares [4]. Contudo, há registos de locais que ficaram mais de uma semana sem serem abastecidos, por falta de informação adequada.

A Gestão de Emergências (GE) é financiada de várias formas, e do ponto de vista do Governo conta com fundos de contingência para resposta a desastres e recuperação de curto prazo, os quais são disponibilizados aos Ministérios, governos locais e ao Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC).

Quando ocorre um desastre ou uma emergência, o INGC reporta ao órgão consultivo de gestão de desastres - o Conselho Coordenador de Gestão de Calamidades (CCGC). Este órgão reúne-se regularmente durante as emergências para tomar decisões políticas e estratégicas sobre a gestão de desastres.

Para se proceder ao diagnóstico quanto às necessidades imediatas e de recuperação o INGC faz a coordenação das avaliações rápidas de necessidades humanitárias, durante e logo após a ocorrência de um desastre, com base em observações da situação no terreno e esta recolha de informação orienta as ações de socorro imediato das populações afetadas. Este processo depende não só da existência de uma base de dados disponível e atualizada, como também de métodos e padrões de avaliação claros e transparentes, sendo, desta forma, uma das principais fontes de informação do SIGE.

No próximo tópico é apresentado o SIGE de Moçambique e seu funcionamento e posteriormente e feita uma análise dos FCS para seu bom funcionamento.

IV. METODOLOGIA

Este estudo foi dividido em três fases, seguindo as recomendações propostas por Rockart em 1979 [5] para identificação dos FCS, com as adaptações propostas posteriormente [6, 7].

Na primeira fase foram identificadas as instituições intervenientes do SIGE e as informações fornecidas por elas, e as instituições utilizadoras e as informações necessárias para realização do trabalho. Essa identificação foi feita por meio de revisão documental sobre as cheias ocorridas em Moçambique no ano de 2013. E na sequência avaliou-se o estado atual do SI, através da análise *SWOT* (*Strengths, Weakness, Opportunities and Threats*), ou seja dos pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças.

Na segunda fase, com base nos principais aspectos identificados na análise *SWOT*, elaborou-se um roteiro de entrevistas semiestruturado que foi aplicado a gestores de topo da área de gestão de desastres. Na terceira fase, utilizando os mesmos aspectos identificados na análise *SWOT*, foram elaborados questionários que foram aplicados a intervenientes diretos do SIGE, ligados às áreas de resposta e prontidão, do governo e instituições internacionais, ou seja, áreas de gestão de emergência.

Após a recolha dos dados foi realizada uma análise qualitativa, com comparação dos conteúdos dos aspectos identificados na análise dos documentos, com as respostas às entrevistas e os principais aspectos evidenciados pelas respostas aos questionários, para identificação dos fatores genéricos e identificação final dos FCS.

V. RESULTADOS OBTIDOS

Inicialmente, com base na revisão documental sobre as cheias de 2013 em Moçambique e observações dos autores, foi possível sintetizar as principais fontes e os principais utilizadores da informação. Foram identificadas 18 instituições que produzem informação relativa a desastres a nível nacional. Destas, somente cinco produzem também informação específica que permita a resposta a desastres. Além dessas, também foram identificadas múltiplas organizações não-governamentais e as autoridades locais (governos distritais e

provinciais) que por vezes veiculam informação especulativa, mas por vezes também alertam para situações de crise particulares e localizadas.

As informações disponibilizadas por estas instituições podem estar na forma de dados primários ou informação já processada. Apresentam formatos diversos, que seguem metodologias, manuseamentos e validação da informação, seguindo convenções e protocolos inerentes às suas organizações, mas nem sempre compatíveis entre si. As bases de dados, também são mantidas de diversos modos, os relatórios e publicações são inúmeros, alistados abstratamente em “outros” e incluem uma múltipla gama de temas, que sem serem adequadamente catalogadas nem verificadas, incluem mapas, quase exclusivamente produzidos com Sistemas de Informação Geográfica e teledeteção. Todos esses documentos são considerados uma importante fonte de informação se estiverem organizados e sistematizados de forma adequada.

Posteriormente, buscou-se identificar os principais interessados e utilizadores dos SIGE, sendo: i) os responsáveis seniores dos órgãos do Governo, ao nível central, provincial e distrital; ii) os intervenientes na Gestão de Desastres, do Sistema das Nações Unidas (ONU). Com base nestes, identificou-se ainda as informações consideradas relevantes durante os desastres.

As informações fornecidas pelas instituições que fornecem e pelas que utilizam a informação foram analisadas por meio de uma matriz *SWOT* (*Strengths, Weakness, Opportunities and Threats*), como se observa na Tabela 1.

TABELA 1 - ANÁLISE SWOT DO SIGE

Strengths	Weakness
<ul style="list-style-type: none"> Estrutura e mecanismos de coordenação de GE clara INGC tem posição de liderança efetiva na GE Moçambique é reconhecido internacionalmente como líder na área de gestão de desastres Forte compromisso político e dos órgãos de decisão quanto à GE Forte interesse dos utilizadores da informação em melhorar o sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Limitada capacidade técnica e tecnológica, principalmente ao nível provincial e distrital Fraca qualidade da informação produzida, com lacunas e contradições Incompatibilidade entre as fontes de informação, não sendo possível consolidar os dados Fraca regulamentação e estrutura do SIGE Acesso limitado aos dados durante a emergência Fluxo de comunicação deficiente
Opportunities	Threats
<ul style="list-style-type: none"> Existência de dados de base ao nível nacional Mecanismos de coordenação efetivos Parceiros com vontade de apoiar Possibilidade de investir em plataformas abertas com acesso público à informação 	<ul style="list-style-type: none"> Uso de múltiplas plataformas, modelos e padrões na gestão de informação não compatíveis Múltiplas fontes de dados (distrito, província, privados, organizações nacionais e internacionais, público) Possibilidade de enviesamento da informação

Como resultado da análise foram identificados doze aspectos nos SIGE em Moçambique que merecem atenção especial, nomeadamente: Treino especializado; Treino massivo; melhorar a comunicação/ fluxo; atualizar *softwares*/ plataformas de partilha de informação; padronizar recolha de dados; assegurar a qualidade; permitir partilha/ uso por várias instituições; ser barato, ou seja custo efetivo; ser de fácil utilização; permitir rapidez na circulação de dados; ser de fácil instalação com mobilidade; permitir outros usos. O aspecto relativo à qualidade da informação foi ainda desagregado em nove aspectos, seguindo a literatura consultada, nomeadamente ter credibilidade; estar completa; ser concisa; ser fácil de manipular; ser correta/ livre de erros; ser fácil de entender; objetiva / com base em evidências/ imparcial; ser relevante e ser atual.

Estes aspectos foram usados como base para elaboração do roteiro de entrevista e muito especificamente para os questionários.

As entrevistas foram realizadas com quatro gestores de topo de instituições ligadas diretamente a Gestão de Desastres, incluindo órgãos governamentais, e resultou na identificação dos seguintes FCS:

- i) Assegurar que a informação disseminada seja de qualidade, isto é transparente e de consenso, sempre que não for possível ser com base em evidências concretas.
- ii) Ser um sistema flexível, que permita o acesso fácil à informação, possivelmente através de plataformas abertas, na Internet, que devem ser mantidas com regularidade (diariamente ou ainda com maior frequência, em caso de emergência).
- iii) A informação circulada seja padronizada, com utilização de critérios comuns, possa ser comparada entre províncias e distritos e também ao longo do tempo.
- iv) Ser compatível com a capacidade técnica existente no sector, seja para o processamento e análise ou para mesmo para disseminação e comunicação da informação.
- v) A comunicação deve ser uniforme, com fluxos determinados e dos distritos, a província e nível central, mas rápida e eficiente.
- vi) Maior uso de tecnologias, incluindo aumentar a capacidade técnica dos técnicos no uso de informação georreferenciada, satélite e mapeamento.
- vii) Maior envolvimento da sociedade civil (organizações não governamentais, associações e outras), dos privados e utilizadores em geral.
- viii) Redução custos das avaliações, através da criação de capacidades e especialização.

Os questionários foram respondidos por intervenientes diretos do SIGE, ligados às áreas de resposta a desastres e prontidão do governo e instituições internacionais. Por meio da análise dos pesos médios das variáveis identificadas como FCS (Figura 1) foi possível identificar três fatores considerados mais expressivos, sendo:

1. Qualidade da informação produzida: esta é refletida pela sua atualidade, a relevância que manifesta e pela

credibilidade das fontes e facilidade de acesso e interpretação dos dados relatados.

2. Treino massivo aos técnicos envolvidos na recolha e processamento de dados, para desenvolvimento de técnicas e normalização de procedimentos.
3. Padronização nos formatos de recolha de informação, facilitando a sua consolidação e comparação.

O que se pode perceber ao analisar os resultados, é que questões como uniformização do formato na recolha e apresentação de dados, necessidade de capacitação técnica e qualidade da informação foram exaustivamente citados.

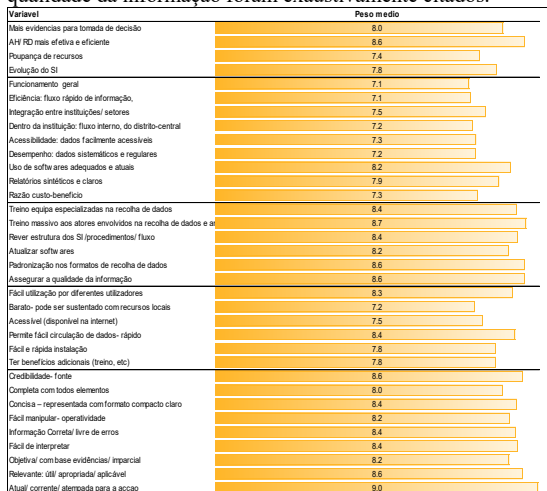


Figura 1: Peso médio de variáveis dos FCS do SIGE em Moçambique

Esse resultado vai de encontro ao que havia sido identificado como fraqueza do SIGE na análise *SWOT*. Esse facto demonstra que maior atenção deverá ser dada aos aspectos de capacitação técnica e institucional e ao acesso a tecnologias para assegurar a consistência, transparência e consenso na informação circulada.

Sendo assim, são apontados como FCS para o bom funcionamento do SIGE:

1. Assegurar a qualidade da informação: quanto a este aspecto, e conforme as respostas ao questionário, foram particularmente distinguidos: i) a credibilidade da fonte de informação ou seja se a fonte tem a capacidade e autoridade para produzir essa informação, ou dados, já que um dos maiores desafios do SIGE é a determinação de como os dados recolhidos de muitas e diversificadas fontes podem ser integrados e distribuídos; ii) Relevância da informação, ou seja se vai ser útil para as ações de assistência; iii) a atualidade, ou seja a rapidez com que é fornecida.

2. Padronizar os métodos e instrumentos de recolha de dados: deve haver orientações bem estabelecidas quanto aos procedimentos para recolha, conteúdo e a apresentação dos dados. Estes procedimentos aumentam o valor dos dados durante a resposta e ao mesmo tempo promove a capacidade

institucional na gestão dos dados. Os critérios, métodos e padrões de recolha e processamento de dados devem ser também harmonizados entre as instâncias governamentais, permitindo a comparação de dados entre diferentes áreas, e mesmo ao longo do tempo.

3. Capacitar massivamente os técnicos envolvidos na recolha e processamento de dados: é importante assegurar que exista número suficiente de pessoal treinado, nas instituições apropriadas, que possam interagir com o sistema, processar e transferir dados, analisar e agir durante uma emergência. Apesar de ser inevitável que, devido à rotação do pessoal, a capacidade possa diminuir, devem ser planificados treinos regulares às instituições relevantes. O treino massivo ao pessoal técnico é uma das formas de assegurar que mesmo quando transferidos para outras posições devido a características de mobilidade do pessoal do estado, estejam disponíveis pessoas com capacidades de fornecer, analisar e reportar com a qualidade necessária durante a GE.

4. Estruturar a comunicação: A comunicação deve obedecer a procedimentos e fluxos claros. Apesar do Centro Nacional Operativo de Emergência (CENOE), órgão responsável pelo SIGE, estar convenientemente equipado para que as contribuições de diferentes organizações sejam partilhadas e analisadas durante as emergências, encurtando o processo de comunicação e melhorando a colaboração, são necessárias melhorias na estruturação das bases de dados. A informação acurada e relevante pode reduzir significativamente a perda de vidas e custos financeiros devido às emergências. Para ser mais efetiva a informação deve estar disponível de forma atempada, num formato em que os decisores consigam entender, portanto adaptada ao utilizador. Reconhecendo que diferentes utilizadores têm necessidades diferentes, seja em termos de tipo de informação, quer em termos de níveis de desagregação (género, idade, localização) é importante que estes aspectos sejam definidos com exatidão. Deve ser feita uma análise do conteúdo das informações produzidas por cada instituição que alimenta o SIGE de forma a evitar a sobreposição de responsabilidades, além do desenvolvimento de padrões e protocolos de fluxos de informação, de forma a assegurar a confiança na utilização do sistema.

5. Rapidez na transmissão de dados: a gestão de emergências exige informação atualizada, integrada, no formato apropriado com relação a mapas, informação via satélite, dados de censo e meteorológicos. Estes últimos foram recentemente digitalizados, mas contêm largas lacunas, particularmente referentes ao período de conflito armado, mas são atualizados numa base diária e de 6 em 6 horas durante as emergências. Estas bases devem ser compiladas, ou seja necessitam de uma plataforma comum de análise. Além disso, são necessários estudos e aprovação de regulamentos para partilha de informações que são disponibilizadas por diferentes instituições. A responsabilidade de cada instituição deve ser claramente indicada e a informação atualizada e acessível.

VI. CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Quando um desastre ocorre, o acesso à informação é essencial, particularmente para salvar vidas. Esta ligação entre informação, Gestão de Emergência e a assistência humanitária é globalmente reconhecida. O presente estudo teve como objetivo principal identificar os fatores críticos de sucesso do sistema de informação de gestão de emergências em Moçambique. Reconhecendo que o impacto dos desastres tem vindo a crescer, não só em Moçambique como no mundo inteiro, a importância de investir em SI de confiança e eficazes torna-se cada vez mais relevante. Num ambiente de multiplicidade de necessidades e exigências, a definição dos FCS permite focalizar as ações para rever e desenhar um SIGE mais eficiente e eficaz em Moçambique.

Os resultados indicaram que o SIGE em Moçambique depende de vários fornecedores de dados, cujas instituições funcionam ao nível centralizado e descentralizado e, conseqüentemente, a disponibilidade e qualidade destes dados também é variada, dependendo de vários fatores incluindo o grau de sofisticação, infraestrutura disponível, estratégias internas de partilha de dados, bem como da existência de normas e padronização apropriadas para recolha destes dados e da capacidade técnica na organização. As principais limitações são relativas à atualidade e inconsistência dos dados, nível de desagregação e responsabilidade oficial de partilha de dados e a necessidade de integrar e articular os SI existentes. Fatores externos como a existência de políticas e estratégias e melhorias nos sistemas internos de integração e qualidade de informação são necessárias ao sucesso do SIGE. Foram sublinhadas como maiores limitações a comunicação da base ao topo, a qualidade, transparência e integridade da informação produzida, bem como arquitetura limitada do SIGE, não permitindo a integração da informação; por fim, a falta de padronização da informação.

Por meio deste estudo foi possível verificar cinco FCS para o funcionamento do SIGE, nomeadamente: 1. Assegurar a qualidade da informação; 2. Padronizar os métodos e instrumentos de recolha de dados; 3. Capacitar massivamente os técnicos envolvidos na recolha e processamento de dados; 4. Melhorar a estrutura de comunicação; 5. Aumentar a rapidez na transmissão de dados.

Quanto às limitações, o presente estudo teve como referência as cheias de 2013 em Moçambique, ou seja, um único objeto de estudo que, apesar de proporcionar uma validade significativa em termos de profundidade de análise e de contexto, pode não permitir a necessária generalização. Estudos longitudinais são necessários sobre o SIGE que possam ser comparados, usando uma abordagem sistemática abrangendo mais eventos, de forma a verificar-se a aplicação dos FCS. Outra questão está ligada ao facto de que nenhuma das conclusões foi posta em teste, pelo que as instituições quando confrontadas com as mudanças, podem ter reações adversas. Assim seria oportuno analisar o impacto da introdução de novas tecnologias no SIGE, que reduzam as limitações de tempo/ atualidade da informação e minimizem a falta de padronização, facilitando a tomada de decisão.

Para trabalhos futuros recomenda-se que se façam estudos idênticos em diferentes alturas mas em circunstâncias similares, isto é em cheias de iguais dimensões, que permitam comparação de resultados. Se forem conduzidos em Moçambique estes podem permitir uma análise longitudinal e aferir o progresso do SIGE. Também se recomenda que se faça uma análise de viabilidade técnica e económica da implementação em Moçambique de plataformas e instrumentos baseados na web.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] UNISDR, "Global assessment report on Disaster Risk Reduction (GAR13)," The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Geneva, Switzerland, 2012.
- [2] The Government Office for Science, "Foresight Reducing Risks of Future Disasters: Priorities for Decision Makers," The Government Office for Science, London, 2012.
- [3] World Food Programme, Emergency Food Security Assessments, Rome: World Food Programme, 2009.
- [4] UNRCO, "Lições Aprendidas," United Nations Resident Coordinator Office, Maputo, 2014.
- [5] J. F. Rockart, "Chief Executives Define their Own Data Needs," *Harvard Business Review*, vol. 57, pp. 81-93, 1979.
- [6] C. Bullen e J. R. Rockhart, *A Primer on Critical Success Factors*, MIT Center for Information Systems Research Working Paper 69., 1981.
- [7] J. H. Dobbins e R. G. Donnelly, "Summary research Report on Critical Success Factors in Federal Government Programme Management," *Acquisition Review Quarterly*, pp. 61-81, 1998.
- [8] K. G. Grunert e C. Ellegaard, "The concept of Key Success Factors: Theory and Method," *MAPP Working Paper*, vol. 15, nº 4, 1992.
- [9] T. Butler e B. Fitzgerald, "Unpacking the systems development process: an empirical application of the CSF concept in a research context," *Journal of Strategic Information Systems*, vol. 8, nº 4, p. 351-371, 1999.
- [10] M. Dorasamy, M. Raman e M. Kaliannan, "Knowledge management systems in support of disasters management: A two decade review," *Technological Forecasting & Social Change*, vol. 80, nº 9, pp. 1834-1853, 2013.
- [11] A. C. Boynton e R. W. Zmud, "An Assessment of Critical Success Factors," *Sloan Management Review*, vol. 25, nº 4, pp. 17-27, 1984.
- [12] R. A. Caralli, "The Critical Success Factor Method: Establishing a Foundation for Enterprise Security Management," Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 2004.
- [13] B. Alturas, *Introdução aos Sistemas de Informação Organizacionais*, Lisboa: Silabo, 2013.
- [14] R. Henriksen e K. Iannella, "Managing Information in the Disaster Coordination Centre: Lessons and Opportunities," em *Proceedings of the 4th International ISCRAM Conference*, Delft, Netherlands, 2007.
- [15] E. Maldonado, C. Mailland e A. Tapia, "Collaborative systems development in disaster relief: The impact of multi-level governance," *Information Systems Frontiers*, vol. 12, nº 1, pp. 9-27, 2010.
- [16] G. P. Pervan, "Information Systems Management: An Australian view of key issues," *Australian Journal of Information Systems*, vol. 5, nº 1, pp. 55-68, 1997.
- [17] D. Zhang, L. Zhou e J. F. Nunamaker Jr, *A Knowledge Management Framework for the Support of Decision Making in Humanitarian Assistance/Disaster Relief*, London: Springer-Verlag, 2002.
- [18] I. Aedo, P. Díaz, J. M. Carroll, G. Convertino e M. B. Rosson, "End-user oriented strategies to facilitate multi-organizational adoption," *Information Processing and Management*, vol. 46, nº 1, p. 11-21, 2010.
- [19] SETSAN, "Infoflash," Secretariado Técnico de Segurança Alimentar e Nutrição, Maputo, 2013.

Utilização das Redes Sociais: Impacto na Reputação das Empresas

Using Social Networks: Impact on Enterprise Reputation

Liliana Simão de Oliveira
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
ISTA / DCTI
Lisboa, Portugal
lili.oliveira228@gmail.com

Bráulio Alturas
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
ISTAR-IUL
Lisboa, Portugal
braulio.alturas@iscte.pt

Resumo — As redes sociais têm sido, nos últimos tempos, um dos meios mais desenvolvidos, simples e acessíveis. Dado que a reputação das empresas está demasiado exposta perante a sociedade, as empresas têm investido cada vez mais numa estratégia para acompanhar e interagir com os seus potenciais clientes. Com este trabalho, pretende-se compreender melhor como as redes sociais são cada vez mais procuradas pelas pessoas e como as empresas podem acompanhar esta evolução. Para tal, no que respeita, à metodologia de trabalho, foi realizado um questionário aos utilizadores/consumidores, para se analisar as redes sociais, as opiniões que nelas são transmitidas e o modo como a reputação das empresas pode sair prejudicada, com a finalidade de dar a conhecer os fatores que podem influenciar a reputação das empresas nas redes sociais.

Palavras Chave – Redes Sociais, Reputação das Empresas; Utilizadores de Redes Sociais; Consumidores

Abstract — Social networks have been one of the most simple, available and developed means of communication. Herewith, even more companies pay attention to their reputation because one simple comment or opinion about a product/service of a company/brand could influence the decision making of other users/consumers. This work aims to better understand how the social networks are increasingly sought after by people and how companies can keep track of this evolution. As for this work's methodology a literature study for each topic was performed and a questionnaire was carried out to the users/consumers in order to analyze the social networks, the opinions transmitted and how the company's reputation may get out impaired for the purpose of the factors that can influence the reputation of companies on social networks.

Keywords – Social Networks; Companies Reputation, Social Media Users, Consumers

I. INTRODUÇÃO

Este projeto enquadra-se no estudo da sociedade de informação e na caracterização da reputação das empresas e o seu impacto para a sociedade.

O estudo está baseado na evolução das tecnologias de informação, que se tem tornado crucial no quotidiano da

população. Acompanhando este crescimento, as redes sociais têm vindo a ser um dos meios mais usados, dado ser a forma mais simples de estabelecer ligações entre pessoas. Estas redes, facilitam a identificação de perfis de utilizadores, mediante a revelação de dados como: o que gostam ou não gostam, os seus interesses, fotos, comentários, redes de amigos; ou seja, tudo aquilo que acham importante partilhar perante a sociedade. Na realidade as redes sociais são como “redes interpessoais” [1].

O crescente número de utilizadores, dentro deste ramo, tem permitido que exista mais informação a circular pela Internet. Segundo Pekka Aula, perante esta evolução, as empresas têm de ter atenção à sua reputação, ou seja, à sua imagem no mercado, aquilo que pensam da empresa. Para tal, dependendo da atividade em que se está inserida, é necessário uma estratégia de comunicação e de atuação muito cuidadosa, ponderada e consistente. Nas redes sociais, com a divulgação de uma opinião ou descrição de um acontecimento menos favorável, a opinião dos utilizadores é influenciada [2]. Este autor refere ainda, segundo esta perspetiva, que em pouco tempo pode ser fácil e rápido destruir a reputação de uma empresa.

Com este estudo, pretende-se encontrar os fatores relativos à utilização das redes sociais que podem causar impacto na reputação das empresas e, por consequência, no ponto de vista de Laermer e Simmons (2007), devem ser adotadas estratégias para as empresas não serem prejudicadas [3].

II. REVISÃO DA LITERATURA

A. Sociedade da Informação

Na década de 1990, iniciou-se a era da expansão da Internet, onde esta começou a alcançar a população em geral. A partir deste desenvolvimento, a Internet cresceu num ritmo muito acelerado, sendo já considerada a maior criação tecnológica. Com o surgimento acelerado dos acessos e dos portais de serviços, a Internet passou a ser usada como uma

componente social, e também as empresas começaram a utilizar este meio, sendo uma forma de melhorar o seu negócio.

Hoje em dia, a Internet é essencial no cotidiano da Sociedade e está presente em todo o lado, uma vez que a sua utilização é considerada uma necessidade de extrema importância. Nesta evolução, a partir do ano 2006, iniciou-se uma nova era na Internet com o avanço das redes sociais. Logo, para compreender o aumento do poder da Internet, é importante analisar as novas tecnologias e as ferramentas disponíveis para a criação de novas dinâmicas sociais. A nova geração baseada em conteúdo social, tal como, *blogs* de opinião e sites de redes sociais, foi sendo modificada à maneira dos utilizadores que usam a Internet [4].

Neste contexto, existe uma preocupação na facilidade do uso da Internet devido ao crescimento da importância dos meios sociais, que influenciam as expectativas dos clientes, assim como a reputação de uma empresa. A Internet permite que o utilizador expresse as suas opiniões, que por sua vez, as empresas podem não ter capacidade de controlar a informação divulgada, porque estas têm o poder de mudar opiniões de terceiros. Logo, a presença de conteúdo, como por exemplo, *sites* de avaliação e comentários publicados nos meios sociais, podem afetar a relação das empresas com os consumidores.

Para concluir, Bunting e Lipski (2000) afirmam que “o que a Internet permitiu-nos fazer, (...) foi a transferência do poder de “voz” na formação da reputação corporativa para os seus respetivos *stakeholders*.” [5]. Assim, na Internet existe uma capacidade progressiva de os utilizadores perturbarem o equilíbrio da reputação [6], [7].

B. Redes Sociais

Ao longo dos últimos anos, acompanhando o crescimento da tecnologia, as redes sociais tem vindo a ser um dos meios mais usados, dado ser a forma mais simples de estabelecer ligações entre as pessoas. Estas redes facilitam a identificação de perfis de utilizadores, mediante a revelação de dados como: o que gostam ou não gostam, situação atual, os seus interesses, fotos, comentários, rede de amigos; ou seja, tudo aquilo que acha importante partilhar perante a sociedade.

Rosana Fernandes (2010) define que as redes sociais são uma ligação entre as pessoas e o mundo empresarial, mais precisamente, descreve que “ são sinónimos de sociabilidade em um mundo em que são inegáveis as facilidades que a rede mundial de computadores proporciona” [8]. Este tipo de comunicação gera várias descrições e opiniões, como Filipe Carrera, afirma que a rede social é “uma estrutura social composta por entidades (indivíduos e organizações), que está interligada de diversas maneiras e que partilha valores, ideias, fluxos financeiros, amizades, sentimentos amorosos, laços familiares, etc.” [9, p. 195]. Uma das características fundamentais na definição das redes sociais é “a sua abertura e porosidade, possibilitando relacionamentos entre as pessoas. As redes sociais não são, portanto, apenas uma outra forma de estrutura, mas quase uma não estrutura, no sentido de que parte de sua força está na habilidade de se fazer e desfazer rapidamente” [10].

Para além destas definições, existe um refinamento do conceito de redes sociais. Segundo um estudo sobre as “forças dos laços fracos” de Mark Granovetter (1973), “mostra que em diversas situações sociais os laços fracos em uma rede de relações pessoais (especialmente amizade), proporcionam maior flexibilidade na circulação de informações com relação à disponibilidade de novos empregos, no mercado de trabalho e, conseqüentemente, maiores possibilidades de renovação social” [11]. Noutra abordagem sobre as redes sociais, Dimitri Fazito acrescenta que é um problema considerar as redes sociais como exaustivas, ou seja, “as redes sociais são aquelas que relacionam indivíduos em suas redes pessoais quotidianas, que se consolidam empiricamente nas redes de parentesco e amizade dentro da comunidade [12, p. 6].

C. Redes Sociais nas Empresas

Nas redes sociais, para além da sociedade as utilizar constantemente para seu benefício, cada vez mais as empresas ponderam acompanhar a evolução das tecnologias. Segundo Rosana Fernandes, as empresas utilizam este meio, a fim de angariar cada vez mais popularidade, mais precisamente, através da venda dos seus produtos ou serviços, uma vez que as redes sociais são um meio bastante eficaz, mais que os seus próprios *sites*, porque o respetivo o número de utilizadores tem vindo a crescer sucessivamente, sendo um meio gratuito para a propaganda empresarial [8].

As empresas, antes de seguirem a evolução das novas tecnologias, ponderam se é um fator positivo ou negativo. Logo, é importante analisar a razão de se investir nas redes sociais. Estes meios *online* são importantes, uma vez que é uma forma que a empresa tem para estar próximo do cliente, reforçando assim a sua estratégia e a sua marca. Assim, os clientes sentem que têm um contato mais rápido e prático com as empresas.

Atualmente existem várias formas de se fazer publicidade nas redes sociais, onde o mais comum é fazer um simples *click*, tendo como vantagem medir mais tarde o retorno do investimento.

Através de uma pesquisa realizada pelo Altimer Group e Wetpaint, para a revista Business Week, onde estão destacadas as melhores empresas, é referido que as empresas que investem mais nas redes sociais são aquelas que conseguem obter melhores resultados. Marcus Pilleggi relata que as empresas que investiram nas redes sociais cresceram cerca de 18% num período de um ano, enquanto as que investem pouco, têm uma queda de cerca de 6% [13].

D. Impacto das Redes Sociais nas Empresas

Com a presente tendência da sociedade para utilizar as redes sociais, como uma das principais formas de comunicação de hoje em dia, acabaram por surgir algumas alterações, tais como a interação entre a empresa e o cliente.

Como já referido anteriormente, as redes sociais são uma forma das pessoas poderem partilhar informação sobre produtos e serviços que compram, pretendem comprar e a sua opinião, sendo esta a forma de adquirirem uma resposta mais rápida da empresa.

Perante esta situação, as empresas têm que reagir às expectativas dos consumidores, logo o nível de apoio ao cliente

e o suporte técnico tem de ser eficaz. Neste ponto, referimos a questão da estratégia que uma empresa deve optar, ou seja, deve ser clara e disposta a responder às diferentes necessidades dos utilizadores. Neste ramo, quando um cliente tem uma boa experiência com uma empresa, permite que exista uma boa imagem à vista de todos os utilizadores. Caso contrário, as empresas têm de estar preparadas para este aspeto.

Para se olhar para a estratégia de outra forma, as redes sociais permitem que a interação com o utilizador seja em tempo real. Para além disso, é uma forma de se estudar o comportamento dos consumidores, pois permite otimizar os processos de negócio da empresa.

Vicent Benedicto afirma que é diferente a publicidade que é realizada na televisão e nas redes sociais. Enquanto na televisão um espectador consegue interromper o conteúdo e inserir ou retirar publicidade, nas redes sociais os utilizadores fazem um *click*, nas que despertam interesse, assim é um meio que facilita não ver uma publicidade que não é atrativa [14].

Acima de tudo, o impacto das redes sociais nas empresas é gerido, em grande parte, pela sociedade. Existem pessoas que não gostam da marca ou ignoram, outras que gostam muito da empresa e fazem questão em partilhar a sua experiência, de forma a promovê-la e aconselhá-la a pessoas próximas. Outro aspeto a referir é a credibilidade da opinião, se for de uma pessoa que não conhecemos, existe uma incerteza, no caso de ser uma pessoa próxima há mais confiança.

Nas redes sociais existem várias publicações de insatisfação dos utilizadores, que originaram um impacto negativo ao ser divulgado perante a sociedade. Pekka Aula (2010) dá como exemplo dois casos, onde esta situação se verificou. O primeiro caso referido é da empresa *United Airlines*, uma das maiores companhias aéreas do mundo, que “se recusou a pagar uma indemnização a um passageiro, músico profissional, por partir a sua guitarra, e o passageiro em questão teve a ideia de divulgar na *Youtube* uma música depreciativa de sua autoria contando a história” [2]. O segundo caso referido por Pekka Aula (2010), foi relativamente à empresa de roupa *H&M*, onde um aluno de *New York* encontrou roupas não vendidas num caixote do lixo, mal tratadas, e este por sua vez, sentiu-se sensibilizado, porque era uma forma de doá-las a pessoas necessitadas. Este aluno informou a revista, *New York Time*, que chegou a ir pedir esclarecimentos sobre este caso. Em conclusão, chegou a ser partilhada nas redes sociais [2].

Tal como estes casos referidos, existem muito mais que chegam às redes sociais. No artigo de Pekka Aula é referido que as redes sociais são usadas livremente, para as pessoas enviarem e receberem informações sobre o seu envolvente. Este ramo, é um tema que não é ignorado principalmente pelas empresas, que atualmente sentem que têm uma implicação na sua estratégia, havendo um risco de reputação. Este risco ameaça a competitividade, confiança, lealdade e relações, em que muitas vezes mexe com a sensibilidade das pessoas dependendo das suas culturas. O problema que é notável nas redes sociais, é que a informação não é verificável, porque entra de imediato em contato com o público e pode influenciar as opiniões e avaliações das cooperações [2].

E. Gestão da Reputação

O conceito de reputação é uma conceção que mexe com a sociedade, com o funcionamento das organizações, existindo desafios de maneira a preservar a reputação das mesmas.

Nas últimas décadas, existiu uma transformação que mudou o conceito de reputação. Esta transformação chama-se revolução tecnológica, que refletiu no ambiente social o alcance que atingiu. Antes deste salto tecnológico, o Homem já tinha uma ética e moral, mas com esta revolução fez com que houvesse mudanças no seu comportamento.

Mário Rosa expõe que “é preciso reconhecer que nova tecnologia não significa apenas uma nova teoria. Significa uma nova forma de pensar, sim, mas, sobretudo, exige uma nova forma de agir. Inovação tecnológica significa inovação moral” [15]. Com a nova era, as inovações têm um grande impacto na forma como a reputação é gerida, onde não vivemos só num novo ambiente social, mas também moral, “com novas regras de comportamento, com novas exigências, onde transgressões que antes podiam passar despercebidas podem agora ser expostas em tempo real, em escala global” [15].

A nova sociedade digital de hoje em dia, significa transmitir em tempo real informação para todo o mundo, onde a sociedade sente-se cada vez mais em público, mais que no início da década de 90. A tecnologia tem telemóveis com câmaras, máquinas de filmagem e fotografia, vias públicas e elevadores com câmaras, micro aparelhos, redes mundiais de comunicação, estes são exemplos de que tudo o que uma pessoa vive, fica registado, cada vez mais com nível de detalhe. Por isso, “as reputações estão muito mais expostas” [15].

Para além deste autor, existem outros com opiniões um pouco diferentes, mas que acabam por ir ao encontro do conceito base. Mahon e Wartick definem que “reputação é portanto o resultado de um conjunto de decisões públicas que melhoram (ou pioram) ao longo do tempo, e é compartilhado em termos sociais por parte dos vários diferentes intervenientes (cliente, acionistas, funcionários, fornecedores e assim por diante). Para resumir, a reputação é baseada não só no desempenho passado, mas também na capacidade de uma firma satisfazer as expectativas dos consumidores e para criar um valor futuro para os seus *stakeholders*” [16].

Para aprofundar a análise neste estudo, insere-se também o conceito de e-reputação. Este conceito é defendido por Chun e Davies, afirmando que “esse elemento de reputação que é derivado especificamente de contatos eletrónicos” [17]. É de referir que Milne e Culnan (2004) afirmam que existe falta de comunicação frente a frente com os colaboradores e clientes, e que existe uma grande preocupação com o tema de segurança, devido à informação pessoal que é visível no meio tecnológico. Como por exemplo, a falta de comunicação transparece a incerteza e risco, para além disso, verificar a verdadeira identidade, são aspetos que dificultam a construção de uma reputação [18].

Friedman e Resnick (2001) afirmam ainda que a evolução do comportamento das empresas tem aumentado devido ao desenvolvimento das ferramentas de redes sociais, sendo estas

plataformas *online* que servem para divulgar e comparar comentários. Logo, são plataformas de opinião, onde os utilizadores comunicam uns com os outros divulgando as suas experiências de um determinado produto ou serviço. Assim, permite que os utilizadores tenham acesso à informação sobre o produto ou serviço, comparando os preços e características com outros produtos e serviços de outra empresa. A desvantagem é a dificuldade de garantir a sinceridade na opinião expressa e comparar o mesmo produto ou marca em diversos locais que acabam por estar publicados em diferentes sites [19]. Num outro artigo, os mesmos autores defendem que “um sistema de reputação recolhe, distribui e agrega um feedback sobre o comportamento passado dos utilizadores. Embora alguns dos produtores ou consumidores conhecem as avaliações uns dos outros, estes sistemas ajudam as pessoas a decidir em quem confiar, encorajar um comportamento de confiança, e restringir a participação daqueles que são qualificados” [20].

Em suma, são imensos os riscos para as empresas no dia-a-dia, logo o desafio está em gerir a reputação da organização, dependendo da respetiva atividade, como por exemplo, um boato que corra no meio da população facilmente pode destruir a reputação de uma empresa, ou seja, existem críticas negativas que têm um poder muito forte e rápido para destruir as reputações empresariais.

III. METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho de investigação é medir os fatores que podem influenciar a reputação das empresas nas redes sociais. Sumariamente, conhecer a importância da opinião dos utilizadores nas redes sociais sobre as empresas, compreender, em que medida, as redes sociais podem influenciar as diversas empresas, nomeadamente quanto à sua reputação, e por fim, medir os fatores que influenciam a reputação das empresas nas redes sociais.

Para atingir este objetivo definiu-se uma metodologia quantitativa, onde se disponibilizou um questionário, com perguntas numa escala do tipo Likert (1=De certeza que não a 5=De certeza que sim), (1=Nada importante a 5=Muito importante) e (1=Nunca a 5=Sempre), através da rede social *Facebook* e do correio eletrónico para um número de utilizadores selecionados, tendo sido solicitado o preenchimento do mesmo e a divulgação para um número maior de pessoas. Com esta metodologia (conhecida por bola de neve), foi recolhido um número considerável de respostas, pretendendo-se garantir um resultado mais próximo da realidade dos portugueses que utilizam as redes sociais.

Para analisar as respostas do questionário, executou-se um tratamento estatístico dos dados, recorrendo à ferramenta SPSS, para se analisar o comportamento das variáveis presentes nas hipóteses levantadas, sendo elas:

- **Hipótese 1:** A presença das redes sociais por parte das empresas é um fator positivo para a reputação das mesmas.
- **Hipótese 2:** A dinamização por parte das empresas nas redes sociais contribui positivamente a participação dos utilizadores.

- **Hipótese 3:** A intenção de um consumidor/utilizador comprar um produto é influenciada positivamente pela comunicação por parte das empresas nas redes sociais.

- **Hipótese 4:** A participação dos utilizadores nas redes sociais sobre uma empresa/marca influencia positivamente a intenção de compra de produtos da mesma por parte de um utilizador.

- **Hipótese 5:** A participação nas redes sociais influencia de forma positiva a atitude do consumidor.

- **Hipótese 6:** A relevância da empresa/marca no mercado é um fator positivo que influencia a atitude de um consumidor/utilizador.

- **Hipótese 7:** A utilização indevida das redes sociais é um fator negativo para a reputação das empresas.

- **Hipótese 8:** A qualidade da informação apresentada nas redes sociais influencia positivamente a reputação das empresas.

- **Hipótese 9:** A reputação de uma empresa é influenciada positivamente pela proximidade com o cliente através das redes sociais.

Assim, com base da revisão da literatura e das hipóteses levantadas, elaborou-se o seguinte modelo conceptual (Figura 1):

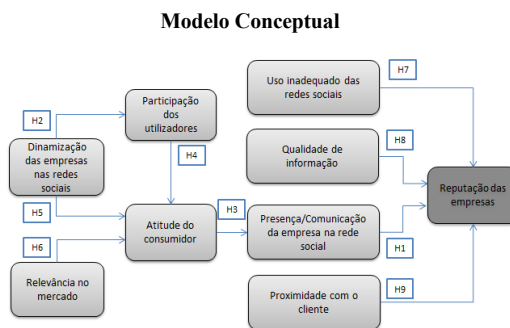


Figura 1 – Modelo Conceptual

O questionário foi disponibilizado online e continha 19 questões organizadas em três grupos: utilização de redes sociais (8 questões), reputação das empresas (5 questões) e dados do inquirido (6 questões).

A divulgação do questionário online, tanto nas redes sociais como por correio eletrónico, iniciou-se a 12 de julho de 2015 e terminou a 31 de agosto de 2015, na plataforma <https://docs.google.com>.

IV. RESULTADOS

O universo alvo desta investigação centralizou-se em utilizadores das redes sociais, onde se incidiu mais na divulgação via *Facebook*, sendo a rede social mais conhecida pela população em Portugal. Ao analisar-se as respostas obtidas, um total de 138 respostas, verificámos que 92% dos inquiridos tem por hábito usar as redes sociais, onde 74% utiliza várias vezes por dia.

Assim, centrámos a nossa análise nos 127 inquiridos que utilizam as redes sociais conforme o objetivo do estudo. Na

amostra obtida, verificámos que 98,4% utiliza o Facebook, de seguida com 58,6% o LinkedIn, 48,4% o YouTube, 42,2% o Instagram e 26,6% o Snapchat. Os inquiridos em âmbito, 73,2% utiliza o Facebook para consultar as novidades do dia-a-dia e quando pretende adquirir um produto/serviço, 71,7% procura informações nos Websites, 49,6% nos Fóruns e 43,3% nas redes sociais.

Adicionalmente, foram dados dois exemplos no questionário relativamente a publicações de insatisfação dos utilizadores/consumidores, que podem originar um impacto negativo nas empresas, ao serem divulgadas perante a sociedade. Utilizámos dois exemplos retirados do artigo de Pekka Aula (2010). No primeiro exemplo, a empresa United Airlines, uma das maiores companhias aéreas do mundo, recusou-se a pagar uma indemnização a um passageiro, músico profissional, por partir a sua guitarra, e o passageiro teve a ideia de divulgar no YouTube uma música depreciativa de sua autoria contando a história. Obtivemos que 39,7% dos inquiridos talvez mudem a sua opinião sobre a empresa e 31% afirmam que é muito provável ao correr influência na sua escolha. O segundo exemplo é de um estudante de New York, encontrou roupas não vendidas da empresa de roupa H&M num caixote do lixo, maltratadas, e por sua vez, sentiu-se sensibilizado, porque deveriam ter arranjado uma forma de doá-las a pessoas necessitadas. Este estudante informou a revista, New York Time, que chegou a pedir esclarecimentos sobre este caso que chegou a ser divulgado nas redes sociais. Nesta situação, 34,1% dos inquiridos são da opinião que talvez e muito provável que esta notícia tenha impacto na sua decisão sobre a empresa [2].

Com as respostas do questionário, agrupamos as questões de forma a analisar as variáveis do modelo conceptual para validar as hipóteses da investigação. Inicialmente, começou-se por analisar a correlação entre duas variáveis quantitativas que é representada por um coeficiente de correlação, denominada por coeficiente de correlação de *Pearson* (r). Posteriormente, ao nível da regressão linear que visa descrever a relação entre variáveis, ou seja, variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Para tal, utilizou-se o coeficiente de Alfa de Cronbach (α), sendo uma das formas de estimar a confiabilidade das respostas do questionário em estudo.

Com base nestes tipos de análise, verificámos que a maior parte das variáveis referidas no modelo conceptual, tem uma correlação moderada/forte, exceto na variável “Relevância no mercado” com correlação fraca/moderada e “Qualidade de informação”, correlação forte. Quanto à confiabilidade das respostas obtidas, concluímos que a maior parte das variáveis tem uma consistência entre os elementos muito boa, exceto na variável “Relevância no mercado” e “Uso inadequado das redes sociais” sendo razoável a consistência.

Na última fase do tratamento estatístico, analisou-se as hipóteses, onde se verificou que em todas as relações entre as variáveis, existe uma relação linear forte. Adicionalmente, com o teste de ANOVA, os resultados são significativos, porque os valores são inferiores aos níveis de significância usuais ($p \leq 5\%$) e que as variáveis independentes têm um poder relevante da explicação da variável dependente.

Por fim, com base no tratamento estatístico realizado, destaca-se que os fatores “Dinamização das empresas nas redes sociais”, “Participação dos utilizadores”, “Qualidade de informação”, “Atitude do consumidor”, “Presença/Comunicação da empresa na rede social”, “Proximidade com o cliente” e “Relevância no mercado” são fatores que influenciam positivamente a reputação das empresas, enquanto o fator “Uso inadequado das redes sociais” tem um impacto negativo para a reputação das mesmas.

V. CONCLUSÕES

A. Discussão e Principais Conclusões

As redes sociais estão cada vez mais sólidas em todo o mundo. Como praticamente todas as pessoas estão ligadas a este meio, as empresas pretendem utiliza-las como uma ferramenta de comunicação. Assim, tornou-se um ramo para a divulgação de produtos, serviços, promoções e informações que auxiliam as empresas a conhecerem melhor o seu público e interagirem mais com os clientes.

Na presente investigação pretendeu-se compreender melhor como as redes sociais estão cada vez mais populares na Internet, e que por sua vez, não passam despercebidas aos olhares das empresas, sendo um fenómeno muito forte nos dias de hoje. Para além disso, a relação entre a reputação das empresas e as redes sociais é fulcral, uma vez que influencia o comportamento dos consumidores.

Por parte das empresas, é necessário investir na comunicação institucional de modo a serem recompensadas mais tarde. Segundo Pekka Aula, a ordem do processo para se ter uma boa reputação é: gestão da publicidade, objetivos estratégicos, construir relacionamentos com o público, criar valor e melhorar a reputação de uma empresa [2].

Ao realizar uma revisão da literatura dos conceitos base desta investigação, procedeu-se uma recolha de dados para se chegar a uma conclusão mais específica, onde se pretende medir os fatores que influenciam a reputação das empresas nas redes sociais. Assim, desenvolveu-se um modelo conceptual composto por nove variáveis, com o objetivo de analisá-las como base nos dados recolhidos do questionário e tratados ao nível estatístico.

As conclusões da análise das relações entre as variáveis referidas no modelo conceptual são importantes para as empresas, uma vez que podem aplicar uma estratégia ao nível da reputação, para não serem afetadas com o conteúdo divulgado pela sociedade nas redes sociais. Respondendo ao problema de investigação os fatores: “Dinamização das empresas nas redes sociais”, “Participação dos utilizadores”, “Qualidade de informação”, “Atitude do consumidor”, “Presença/Comunicação da empresa na rede social”, “Proximidade com o cliente” e “Relevância no mercado”, influencia positivamente a reputação das empresas, enquanto o fator “Uso inadequado das redes sociais” tem um impacto negativo para a reputação das mesmas.

Resumindo, a opinião pública é muito importante na componente reputação de uma empresa. Esta componente é difícil de ser controlada, porque não se consegue gerir o que a imprensa/pessoas divulga. Quanto mais positiva for a reputação da empresa, mais facilmente venderá os seus produtos ou

serviços. Por isso, é importante planejar e trabalhar uma estratégia eficaz de comunicação empresarial. Para esta comunicação ser eficiente, é relevante as organizações realizarem eventos, projetos ou publicações para contornar a opinião pública, acima de tudo, estudarem as características e as necessidades do público, mais precisamente, utilizadores das redes sociais, com cada vez mais liberdade de expressão e importância na opinião transmitida.

B. Limitações do Estudo

Dado que a amostra utilizada nos questionários é uma amostra não probabilística e, como tal, não permite a generalização dos resultados obtidos, podemos apontar esta como a primeira limitação do estudo. Em relação ao questionário, ainda que o número de inquiridos seja razoável, os resultados deste estudo não podem ser generalizados para a totalidade da população, para além do facto de o questionário ser de auto-preenchimento e sem a presença do entrevistador, poder consequentemente ter deixado espaço para dúvidas de preenchimento ou interpretações equívocas. Finalmente, o facto de se terem utilizado apenas as técnicas estatísticas apresentadas, pode ser limitativo dos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

A realização desta investigação teve apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado realidade e pelo que estamos muito gratos a um conjunto de pessoas e entidades, por nos proporcionarem este desenvolvimento pessoal e profissional.

Como temos consciência que sozinhos nada disto teria sido possível, agradecemos aos amigos mais chegados e aos familiares. Também à Professora Maria Teresa Calapez pela ajuda dada nos conceitos e análise estatística dos dados recolhidos nesta pesquisa.

Por último, porque foram fulcrais para este estudo, um grande agradecimento às pessoas que contribuíram com respostas ao questionário, uma vez que esta colaboração permitiu obter resultados mais aproximados à realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] M. Boyd, "Family and Personal Networks in International Migration: Recent Developments and New Agendas," *International Migration Review*, vol. 23, n.º 3, pp. 638-670, 1989.

[2] P. Aula, "Social media, reputation risk and ambient publicity management," *Strategy & Leadership*, vol. 38, n.º 6, pp. 43-49, 2010.

[3] R. Laermer e M. Simmons, *Punk Marketing: Get Off Your Ass and Join the Revolution*, New York: HarperCollins, 2007.

[4] A. Siano, A. Vollero e M. Palazzo, "Exploring the role of online

consumer empowerment in reputation building: research questions and hypotheses," *Journal of Brand Management*, vol. 19, n.º 1, pp. 57-71, 2011.

[5] M. Bunting e R. Lipski, "Drowned out? Rethinking corporate reputation management for the internet," *Journal of Communication Management*, vol. 5, n.º 2, pp. 170-178, 2000.

[6] T. Harrison, K. Waite e G. L. Hunter, "The Internet, information and empowerment," *European Journal of Marketing*, vol. 40, n.º 9-10, pp. 972-993, 2006.

[7] G. A. Gorry e R. A. Westbrook, "Winning the Internet Confidence Game," *Corporate Reputation Review*, vol. 12, pp. 195-203, 2009.

[8] R. Fernandes, "O impacto das redes sociais nas empresas," 2010. [Online]. Available: <http://www.ruadireita.com/internet/info/o-impacto-das-redes-sociais-nas-empresas/>. [Acedido em 15 1 2016].

[9] F. Carrera, *Marketing Digital na Versão 2.0 - O que não pode ignorar*, Lisboa: Edições Sílabo, 2012.

[10] F. Duarte e C. Quandt, *O tempo das redes in redes urbanas*, São Paulo: Editora Perspetiva SA, 2008.

[11] M. S. Granovetter, "The Strength of Weak Ties," *American Journal of Sociology*, vol. 78, n.º 6, pp. 1360-1380, 1973.

[12] D. Fazito, "A Análise de Redes Sociais (ARS) e a Migração: mito e realidade," em *XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais*, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil, 2002.

[13] M. V. Pilleggi, "As vantagens do uso de redes sociais nas empresas," 5 2013. [Online]. Available: <http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,EMI124097-17171,00-AS+VANTAGENS+DO+USO+DE+REDES+SOCIAIS+NAS+EMPREAS.html>. [Acedido em 15 1 2016].

[14] V. Benedicto, "O impacto das redes sociais nas empresas," 11 10 2011. [Online]. Available: <http://redessociais.griff.art.br/o-impacto-das-redes-sociais-nas-empresas/>. [Acedido em 15 1 2016].

[15] M. Rosa, "A reputação sob a lógica do tempo real," *Organicom*, vol. 4, n.º 7, pp. 61-69, 2007.

[16] J. F. Mahon e S. L. Wartick, "Dealing with stakeholders: How reputation, credibility and framing influence the game," *Corporate Reputation Review*, vol. 6, n.º 1, pp. 19-35, 2003.

[17] R. Chun e G. Davies, "E-reputation: The role of mission and vision statements in positioning strategy," *Journal of Brand Management*, vol. 8 (Spring), pp. 315-333, 2001.

[18] G. R. Milne e M. J. Culnan, "Strategies for reducing online privacy risks: Why consumers read (or don't read) online privacy notices," *Journal of Interactive Marketing*, vol. 18, n.º 3, pp. 15-29, 2004.

[19] E. J. Friedman e P. Resnick, "The social cost of cheap pseudonym," *Journal of Economics and Management Strategy*, vol. 10, n.º 2, pp. 173-199, 2001.

[20] P. Resnick, R. Zeckhauser, E. J. Friedman e K. Kuwabara, "Reputation systems," *Communications of the ACM*, vol. 12, n.º 45-48, p. 43, 2000.

Distributed Simulation of Coloured Petri Nets

A case study using distributed caches

Corneli G. F. Júnior*, L. C. Marques Vasconcelos†, G. C. Barros‡, J. M. Soares†, L. F. Leite†

* Federal Institute of Ceará, Department of Telematics

Email: cjunior@ifce.edu.br

† Federal University of Ceará, Department of Teleinformatic

Email: luis.vasconcelos@sti.ufc.br, marques@deti.ufc.br, luizf.feitosaleite@gmail.com

‡ Federal University of Ceará, Department of Physics

Email: gcb@fisica.ufc.br

Abstract — A typical problem when executing simulation of large and complex Coloured Petri Nets (CPN) is the excessive demand for computational resources. In some cases, slowness is the major problem, but in extreme situations, simulation can abort before completion. In addition, to analyze and extract results from large simulation models can be quite complex. An alternative way to deal with these problems is to fragment large CPN models into smaller nets and conceive models as distributed systems (DS). In this work, we present the Distributed Fusion Places (DFP), one new node to compose distributed CPN, which support communication and interaction between geographically dispersed subnets, which together make up a larger, unique and coherent model. In this way, different processes execute subparts of a single model, processing part of the computational effort needed to simulate the global model. Results obtained from distinct parts of the model can be analyzed individually or consolidated to represent the overall system operation. To demonstrate and validate this approach, we have introduced CacheSIM, a simulator conceived to analyze file admission and substitution policies in systems with distributed caches.

Keywords - Distributed Fusion Places, Coloured Petri Nets, Distributed Simulations.

I. INTRODUCTION

Real world systems are normally composed of several parts that present autonomous behaviors and occasionally communicate and cooperate among themselves. To handle the complexity in the design, analysis and development of this type of distributed system (DS), and aiming at minimizing design flaws, modeling and simulation must be used.

Coloured Petri Nets (CPN) can easily model the characteristics of DS, which include concurrence, synchronization, sequence, and conflict among others. There are several commercial tools available for building models and providing simulations of CPN that represent distributed solutions as blocks of a single model, centralized. However, in DS, where the complexity of representation and development is greater than systems with a shared memory, represent DS as a single model can hinder the analysis and reuse of model-specific parts, degrade performance in the simulations, as well as increase the cost of system specification.

An alternative way to deal with this problem is to build simulation models as part of a DS. The idea is to have different processes concurrently simulating different parts of a model.

Each process performs part of the necessary processing of the overall model, and finally, the results can be consolidated to allow a full system analysis or analyzed promptly, for example, inferring the performance of a set of components or parts of a DS in the macro system.

However, because of the interdependence between events occurring in different parts of a distributed simulation, mechanisms are needed that encourage cooperation and the maintenance of relations of cause and effect between the simulation processes. Another issue, which deserves particular attention when dealing with distributed simulations, is the maintenance of consistency of the states between the various autonomous models, which in most cases consists of a large number of conflicting events. According to [1], the consistency of a distributed simulation can only be guaranteed if the total ordering of events as produced by a sequential simulation is consistent with the ordination (partial) in a distributed execution.

In this work, with the aim to design models of Distributed Coloured Petri Nets (DCPN), where the structure and behavior of each part of a DS is abstracted in an independent model, we present the Distributed Fusion Places (DFP), which are mechanisms responsible for communication between various simulation processes. In addition, we describe the main problems and solutions adopted to perform DCPN simulations. To validate the proposal we incorporate into the CPN Tools [2], using extensions interface provided by Westergaard [3], the features and techniques described in this paper. In addition, we modelled a distributed version of CacheSIM [4]. A simulation scenario has been proposed and analyzed, and the results compared with those provided by the original tool. Thus, using the Knoke and Hommel approach [1], we demonstrated the potential of construction, simulation, full and partial analysis and reuse of the DCPN models.

This work is structured as follows: after the introduction here in Section I, related works from the literature are presented in Section II. In Section III we present the Distributed Fusion Places. Also in this section, the difficulties in the simulation of DCPN models and the solutions adopted to overcome these problems are presented. In Section IV we present the validation of the proposal and the results obtained. The final considerations are presented in Section V.

II. RELATED WORKS

There are several available works in the literature on the decomposition of Petri Nets (PN), execution of distributed models and modular analysis of PN. These works easily reach a common sense: distributed and centralized models should retain the same properties.

Costa and Gomes [5] presents a method to segment PN and is able to divide a model in various other sub-models, which communicate with each other via synchronous channels [6]. The sub-models generated are treated as components and run concurrently. The decomposition of the original model is made from the definition of a valid cutting set [7]. In the Costa and Gomes [5] proposal, the properties of the distributed model may be different from those presented in the original model. To represent the distributed components an extension of the PN, the Input-Output Place-Transition nets (IOPT) [8], which have different semantics from traditional PN, is used. Moreover, distributed conflicts are avoided. To implement the segmentation it is necessary to ensure that the cutting set nodes are not involved in a structural conflict. Thus, issues such as concurrence for resources and mutually exclusive access to shared areas are not treated.

It is known that processes containing a structural conflict (M-structure) cannot be segmented [9]; however, Moutinho and Gomes [10] presented a technique for segmentation and execution of PN models that are involved in this type of conflict, based on the modification of the original PN. The adoption of this technique changes the behavior of the final model, when compared to the original. Furthermore, Moutinho and Gomes [10] disclose the existence of situations where the specified transformation cannot be applied.

Knoke and Hommel [1] proposed a mechanism for the optimistic simulation of a CPN in the presence of global constraints. In this simulation mode, distributed events run independently, without regard to a causality constraint. When an event out of order is detected, the synchronization process is responsible for back in time, undoing all wrongly executed operations, and restoring the simulation to a consistent state. This approach may not be efficient in distributed simulations with large numbers of causality breaks. According to the authors, a distributed simulation whose transitions fires optimistically requires that concurrent events are ordered by priorities [1], excluding the problem of distributed conflict, which could compromise the parallelism in the execution of independent models. For validation of the proposal, very simple models were analyzed. This is because the use of complex models with many places and transitions and some synchronization between distributed parts always incurs significantly longer times in distributed environments. This is due to inter-process communication and rollback operations. Although the tests conducted by Knoke and Hommel [1] adopted simple models, which can mean a limitation of the proposal, the work demonstrates the feasibility to perform distributed simulations optimistically with good efficacy.

The related works in this section avoid dealing with distributed conflicts through the association of priorities at each event. In the case of actual conflict between two events, the highest priority should occur. This solution can greatly

compromise the analytical power associated with the CPN. Another issue worth mentioning is the use of own semantics for modeling and distributed simulations. The introduction of various other words, elements and restrictions on the pattern of CPN can hinder the acceptance of the solution by the scientific community and therefore negatively affect the reuse of specific parts of the modeled system.

Given these limitations, this work proposes two contributions. The first is Distributed Fusion Places (DFP), which allows the construction of DCPN models with the same semantics as a traditional CPN. This enables a low cost effective transformation of centralized models into distributed models. Maintaining the usual semantics can facilitate the adhesion of the user community to the CPN. Another contribution is in dealing with distributed conflicts. The multiple access control (MAC), proposed in this paper and presented in Section III-C, is responsible for solving distributed conflicts and ensuring fairness in the selection of events that must occur.

III. DISTRIBUTED FUSION PLACES TO CONCEPTION OF DISTRIBUTED COLOURED PETRI NETS

Informally, a Distributed Coloured Petri Net is the association of two or more modules of a CPN, which interact through message exchanges mediated by distributed fusion places (DFP), which together represent a single and consistent system. DFP is a set of places that coexist in two or more module CPN (MCPN) that are distinct and have the same behavior.



Figure 1. Distributed Coloured Petri Net (step = 0)

Figure 1 shows a DCPN of two MCPN, MCPN₁ and MCPN₂, in its initial state (step = 0). The firing of transition t₁ in MCPN₁ removes one token of the input place P₁ (MCPN₁) and deposits it in P_{DF1} (MCPN₁). It turns out that P_{DF1} exists in other DCPN modules. Therefore, it is necessary to propagate this change of state to the other components of the distributed model that contain P_{DF1}. In this work, this task is associated with a middleware layer developed from CPN Tools through the interface extensions provided by Westergaard [3].

The new state of the DCPN of Figure 1 after firing the transition t₁ (MCPN₁) is shown in Figure 2.



Figure 2. Distributed Coloured Petri Net (step = 1)

A. Problems in the simulation of a DCPN

Figure 3 shows a DCPN of three modules (MCPN₁, MCPN₂ and MCPN₃) in its initial state. The firing of transition t_1 (MCPN₁) removes a token p_1 (MCPN₁) and puts a token in DFP P_{DF1} . The new state of this DCPN can be seen in Figure 4. As can be seen, there is an effective distributed conflict between t_2 (MCPN₂) and t_3 (MCPN₃) transitions.

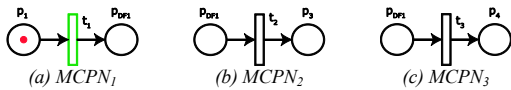


Figure 3. DCPN with conflict (step = 0)

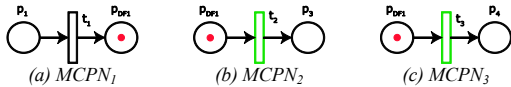


Figure 4. DCPN with conflict (step = 1)

However, in this situation due to the independence of the simulation processes, the t_2 (MCPN₂) and t_3 (MCPN₃) events can simultaneously occur and, consequently, try to access the shared region P_{DF1} at the same instant of time, leading the simulation to state of error or inconsistency.

In simulated systems, unlike what occurs in real systems, the temporal representation is merely symbolic. The simulated time is represented by a numerical value known globally during execution of a model. The increase of this number means that the time has evolved to a later period.

The timestamp of the global clock that governs the occurrence of events could be incremented by one time unit (TU) for each period, as with the real time. However, this is an inefficient way to perform simulations [2], because the clock will often waste real time counting intervals of simulated time during which the model remains unchanged.

In DCPN, each MCPN has an independent simulator of others and, consequently, a clock itself. This can cause different MCPN to have different time evolutions and these infringe the principle of overall causality.

In the literature, two types of causality control protocols are available: the optimistic [11] and the conservative [12]. Optimistic protocols were initially defined by Jefferson [11]. In this mode, distributed events are executed independently, without regard to causality constraint. When an event out of order is detected, the synchronization process is responsible for back in time, undoing all wrongly executed operations, and restoring the simulation to a consistent state. Thereafter it

continues the simulation until a further discovery of the occurrence of disordered events. Unlike the optimistic, the conservative protocols avoid the possibility of the occurrence of errors of cause and effect, determining when it is safe to process an event.

Although the adoption of conservative protocols can result in lower performances due to its frequent synchronizations [12], they can bring good results for distributed simulations that often infringe the restriction of causality.

In this work, in order to maintain the causality between distributed events we adopted the algorithm called “The Co-simulation” proposed by Westergaard [13]. To prevent concurrent accesses to the DFP corrupting them or leading the system to an inconsistent state solutions to ensure mutually exclusive access to this shared resource are necessary. Mutually exclusive access to DFP used in this work is described in Subsection III-B.

B. Mutually Exclusive Access to DFP

A key issue in DS is concurrence and collaboration between various processes. In many cases, both processes need to access the same shared resource. To prevent such concurrent accesses damaging the resource or making it inconsistent, similar to the situation presented in Section III-A, solutions are needed to ensure mutually exclusive access to shared regions.

In this work, to ensure exclusive access to the DFP, a modified version of Token Ring [14] algorithm was implemented. In the traditional algorithm, the processes that share the same critical region are organized in a logical ring.

Also, each set of DFP is constituted as a shared region that can be accessed by various transitions in different modules of a DCPN. As in the traditional algorithm, transitions wishing to have access to a DFP are organized following a logical ring, however, when the ring is initialized, the permission token is randomly delivered to a transition. Possession of permission tokens represents the permission to access the DFP. If the transition that holds the token is enabled, this fires and the token is delivered randomly to another transition. Otherwise, the token is just past randomly to a new transition.

Although this seems a simple operation, care should be taken so that the simulation DCPN does not go into a lock status. The following subsection provides the *Multiple Access Control* (MAC), which implements the mutually exclusive access algorithm to DFP and ensures the exclusion of locks and inconsistent states of simulations DCPN.

C. Multiple Access Control (MAC)

Uncorrelated events in different MCPN may occur simultaneously and consistently, while conflicting events are regulated by access to the critical region algorithm presented in the previous section, thus maintaining consistency of states of the distributed model.

Figure 5 shows three parts of a distributed model conceived just for didactic purposes. They are MCPN₁, MCPN₂ and MCPN₃.

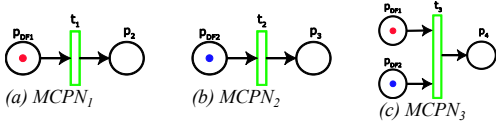


Figure 5. DCPN with concurrent access to DFP P_{DF1} and DFP P_{DF2}

Three distributed events (t_1 , t_2 and t_3) compete for access to DFP P_{DF1} and DFP P_{DF2} . According to the algorithm presented in Section III-B, it is possible to build two control structures, one for access to P_{DF1} and another for access to P_{DF2} . Figure 6 (a) and Figure 6 (b) shows abstractions for access control to DFP P_{DF1} and DFP P_{DF2} , respectively.

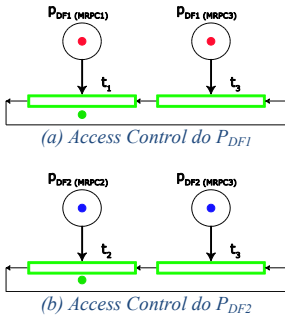


Figure 6. Ring structures to access control to DFP of Figure 5

Maintaining a permissions ring for each set of DFP allows the simultaneous occurrence of parallel events. Green circles near the transitions t_1 and t_2 indicate that these events hold the stick to access the DFP and therefore, permission for firing.

However, the composition of a permissions ring for each set of independent DFP, and without regard to restrictions of the global model, can lead the distributed system to an error state. Assuming randomness causes the permission sticks to be delivered to t_1 , allowing access to the critical region P_{DF1} by $MCPN_1$ and t_3 releasing this transition only access to the DFP P_{DF2} . This situation enables the firing of transition t_1 , however prevents the firing of t_3 , which needs simultaneous access to the DFP P_{DF1} and DFP P_{DF2} . The firing of t_1 removes one token of the DFP P_{DF2} and puts in place P_2 . The global model in this situation is in the deadlock because t_3 can never fire without simultaneous access to the DFP P_{DF1} , which now lies with zero tokens, and t_2 cannot fire because it does not hold the permissions token.

To work around this problem MAC was developed. MAC follows the same logic of the controls shown in Figure 6, but excludes situations where the model would be driven to locked states. As can be seen in Figure 7, permission is given to a group of events, and not only to individual events. This ensures that possible distributed conflicts are respected (and other relations) in a DCPN.

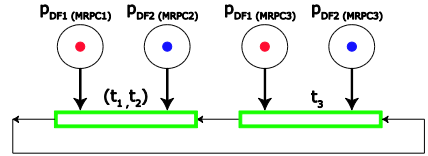


Figure 7. Multiple Access Control of the DCPN of the Figure 5

In Figure 7, if the stick is assigned to the group (t_1 , t_2), there are two events represented by the firing of transitions t_1 ($MCPN_1$) and t_2 ($MCPN_2$), fired simultaneously. If the token is assigned to t_3 event, only the transition t_3 ($MCPN_3$) will fire.

With the exposed technique, a solution is provided for handling distributed conflicts without prioritization of transitions and consequently maintaining the power of analysis associated to the CPN. In the following section, we present the validation of the proposal starting from proposing a distributed simulation.

IV. PROPOSAL VALIDATION

For validation of this work, an extended version of CacheSIM [4], a tool for simulation and analysis of distributed cache environments based on Coloured Petri Nets [2] was implemented. In the original version of this simulator, which is fully contextualized in scenarios of a distributed nature, all simulations are performed by a single process. As proposed in this paper, three parts of the original CacheSIM model were adapted manually to the composition of a distributed model representing respectively a workstation, a proxy server and a web server.

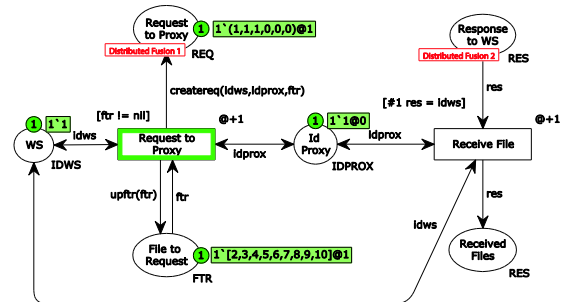


Figure 8. MCPN Workstation

Initially, a scenario having two workstations, associated to two distinct distributed proxies and a web server were defined. Then the simulation performed both in the original version of CacheSIM as in the extended version. Finally, the results obtained with both simulations were compared.

The MCPN shown in Figure 8 represents a workstation of a LAN that requests and receives files from the Internet mediated by a proxy server.

The MCPN shown in Figure 9 is a proxy server capable of attending the requests of several workstations. Proxies are computers with limited storage capacity, which behave as Internet document deposits and provide a shared cache service with a user group, the place where the most frequently

accessed files are kept. Whenever the storage space of a proxy is exhausted and it is necessary to house a new document, the proxy must decide which content will be deleted to accommodate a new one. The rules of selection of document for excluding are denominated replacement policies. The extended version of the CacheSIM proposed in this paper implements the policies First In First Out (FIFO) [15] and Least Frequently Used (LFU) [15].

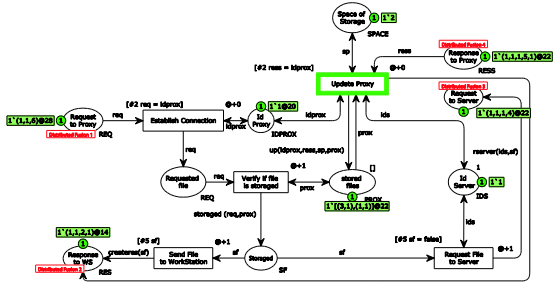


Figure 9. MCPN Proxy Server

The model presented in Figure 10 represents an Internet content server. The web servers are responsible for storing and exchanging information with other machines. In the scenario described in this work, web servers exchange information with workstations, intermediated by proxy servers.

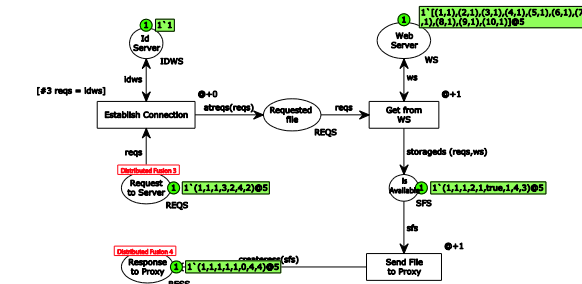


Figure 10. MCPN Web Server

Multiple workstations, proxy servers and web servers can be represented by varying this identifier in each instance of the distributed model.

A. Interaction between the parts of the Caches model for the Web

Figure 11 shows an overall view of the distributed cache model, containing only one instance of each part Workstation, Proxy Server and Web Server, introduced in this section. For communications between the Workstation and Proxy Server the DFP “Request to Proxy” and “Response to WS” are used, while for communications between the “Proxy Server” and “Web Server” the DFP “Request to Server” and “Response to Proxy” are defined.

The dashed vertical line cutting the DFP represents the coexistence of defined locations for communication over a part

of the global model, e.g., the place “Request to Proxy” coexists in “Workstation” and “Proxy Server” parts, simulating shared elements.

Whenever the state of a DFP is modified in a part of the model as a result of firing a local transition, a distributed transaction is performed in a way that replicates this new state in all parts of the global model, thus leading the distributed system to a new consistent state. These functionalities have been developed as a middleware for the CPN Tools, using the interface provided by extensions Westergaard [3].

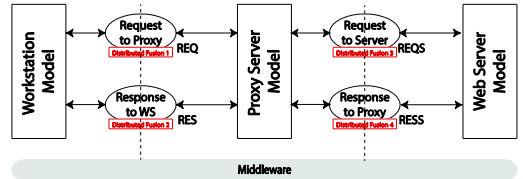


Figure 11. Integration between parts of caches model

B. Test Scenario

Figure 12 shows the test scenario proposed in this work. This consists of two workstation instances (01 workstation and workstation 02), two instances of proxy servers (proxy server 01 and proxy server 02) and a web document server (Web Server). Both proxy servers have storage capacity of 10 size units (SU). Both workstations perform a hundred requests for thirty distinct files, each with one SU, to the proxy servers to which they are associated.

The workstation 01 is associated with the proxy server 01 while the workstation 02 is associated with the proxy server 02.

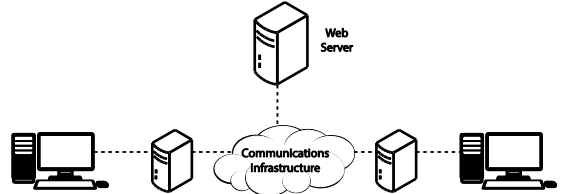


Figure 12. Simulation Scenario

Requests generated by workstations follow Zipf [15] distribution. Each proxy server adopts a distinct replacement policy. The Proxy Server 01 adopts the FIFO policy, while the Proxy Server 02 takes LFU.

The scenario described in Figure 12 was initially simulated using the CacheSIM with a conventional approach, and using a CPN model simulated in one process as described in [4]. Then, a simulation was performed with the implementation of the models presented in Figure 8, Figure 9 and Figure 10, distributed in independent processes.

Communication problems and maintenance of the principle of causality are conveniently solved by the MAC and the algorithm described by Westergaard in the co-simulation [13], respectively.

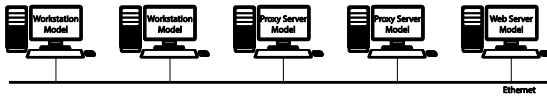


Figure 13. Simulation Cluster

Figure 13 shows the structure used in the performance of distributed simulations, with five networked computers. In each machine we instantiate only one model: workstation, proxy server or web server. The scenarios were simulated twenty times and the averaging times to recover files were calculated. In the following section we present the results obtained.

C. Results

Figure 14 shows the average times (in units of time) for retrieving a file considering the FIFO [15] and LFU [15] policies, using approaches based on a single process [4] and distributed process, as proposed in this paper.

Regardless of the simulation tool used, the LFU policy provides lower content retrieval time for the test scenario.

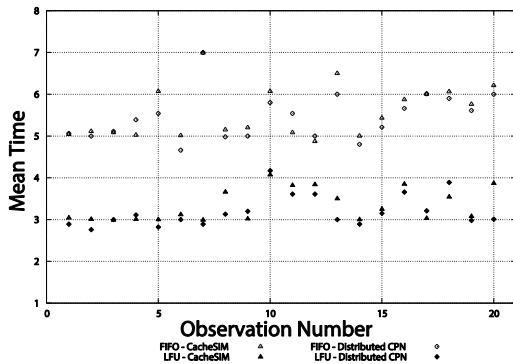


Figure 14. Time of Document Retrieval

The simulation results for both approaches, with a single model and distributed parts, shown in the graph in Figure 14 are compatible, demonstrating that the distribution does not imply inconsistency.

V. CONCLUSION

This article presents the Distributed Coloured Petri Nets. Distributed Fusion Places were specified as a communication link between the various modules that compose a distributed simulation, without it being necessary to change the semantics of representation of the Coloured Petri Nets common elements. In addition, the two main problems (consistency and causality maintenance) and solutions adopted to enable concurrent simulations of DCPN were presented.

To validate the proposal, the model defined for the CacheSim in [4] was distributed in three modules of a DCPN (workstation module, proxy server module and web server module), each of which may be instantiated n times to represent the desired scenario.

The distributed models interact and compete through the DFP. An approximate simulation scenario of real scenarios was proposed. Simulations were performed taking into account traditional approaches using CacheSIM simulated in a single simulation process, and using the workstation, proxy server and web server models, described in this work, and making use of one process per model. The results obtained were compatible and both approaches were consistent as expected.

Another aspect demonstrated was the modularity and flexibility for the definition of simulation scenarios. The CPN module may be reused for the composition of the different simulation scenarios. The division into modules was also responsible for simplifying the analysis of specific parts of the overall model.

Events involved in distributed conflicts were given equal treatment, without the need to associate priorities.

The multiple access control specified allows prospecting parallel execution of non-conflicting events, which will admit the evolution of parts of the model in parallel during simulations, setting up points of synchronizations for the transitions involved in conflicts. The development and demonstration of activities performed based on the resources offered by the CPN Tools, however, limited the way the algorithms were implemented, preventing temporal performance analysis.

Future works include the formal specification of Distributed Coloured Petri Nets, formal specification of the algorithm for the construction of multiple controls access, as well as providing a flexible tool for the construction and simulation of models in DCPN and performance analyses in distributed simulations.

ACKNOWLEDGMENT

This paper presents the methodology and results of the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Research Project 468835/2014-8 called “A distributed platform for collaborative modeling, high performance simulation and analysis hybrid systems”. Support from the CNPq is gratefully acknowledged.

REFERENCES

- [1] M. Knoke and G. Hommel, “Dealing with global guards in a distributed simulation of Coloured petri nets,” in Distributed Simulation and Real-Time Applications, 2005. DS-RT 2005 Proceedings. Ninth IEEE International Symposium on, Oct 2005, pp. 51–58.
- [2] CPN Tools, “CPN Tools Homepage,” Online: available in <http://cpntools.org>, 2015, access in September 2015.
- [3] M. Westergaard, “Cpn tools 4: Multi-formalism and extensibility,” in Application and Theory of Petri Nets and Concurrency, ser. Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin Heidelberg, 2013, vol. 7927, pp. 400–409.
- [4] C. G. Furtado Jr, J. Soares, and G. Barroso, “Cachesim: A web cache simulator tool based on coloured petri nets and java programming,” IEEE Latin America, vol. 13, no. 5, May 2015. [Online]. Available: <http://www.revistaieeela.pea.usp.br/issues/vol13issue5May2015/36GomesFurtadoJunior>
- [5] A. Costa and L. Gomes, “Petri net partitioning using net splitting operation,” in Industrial Informatics, 2009. INDIN 2009. 7th IEEE International Conference on, June 2009, pp. 204–209.

- [6] S. Christensen and N. Damgaard Hansen, "Coloured petri nets extended with channels for synchronous communication," in *Application and Theory of Petri Nets 1994*, ser. Lecture Notes in Computer Science, R. Valette, Ed. Springer Berlin Heidelberg, 1994, vol. 815, pp. 159-178.
- [7] A. Costa and L. Gomes, "Petri net splitting operation within embedded systems co-design," in *Industrial Informatics, 2007 5th IEEE International Conference on*, vol. 1, June 2007, pp. 503-508.
- [8] L. Gomes, J. Barros, A. Costa, and R. Nunes, "The input-output place transition petri net class and associated tools," in *Industrial Informatics, 2007 5th IEEE International Conference on*, vol. 1, June 2007, pp. 509-514.
- [9] R. van Glabbeek, U. Goltz, and J.-W. Schicke-Uffmann, "On distributability of petri nets," in *Foundations of Software Science and Computational Structures*, ser. Lecture Notes in Computer Science, L. Birkedal, Ed. Springer Berlin Heidelberg, 2012, vol. 7213, pp. 331-345.
- [10] D. R. Jefferson, "Virtual time," *ACM Trans. Program. Lang. Syst.*, vol. 7, no. 3, Jul. 1985, pp. 404-425. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/3916.3988>
- [11] F. Moutinho and L. Gomes, "Towards distributed execution of petri net conflicts through model transformation," in *Industrial Technology (ICIT), 2013 IEEE International Conference on*, Feb 2013, pp. 1416-1421.
- [12] S. Prakash, E. Deelman, and R. Bagrodia, "Asynchronous parallel simulation of parallel programs," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 26, no. 5, May 2000, pp. 385-400. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/32.846297>
- [13] M. Westergaard, L. M. Kristensen, and M. Kuusela, "Towards cosimulating systemc and coloured petri net models for soc functional and performance evaluation," in *Proceedings of 21st European Modeling and Simulation Symposium, 2009*.
- [14] A. Tanenbaum and M. van Steen, *Distributed Systems: Principles and Paradigms*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- [15] A. Balamash and M. Krunz, "An overview of web caching replacement algorithms," *Communications Surveys Tutorials, IEEE*, vol. 6, no. 2, Second 2004, pp. 44-56.

Strategic Performance Measurement Systems and Employee Performance

Enoch Asare
University of Dallas
Satish & Yasmin Gupta College of Business
Irving, TX
EAsare@UDallas.edu

Sue Conger
University of Dallas, Rhodes University
Satish & Yasmin Gupta College of Business
Irving, TX
SConger@UDallas.edu

Abstract — This proposed research questions the assumption that strategic performance measurement systems (SPMS) define strategic goals at the individual job level, reducing role ambiguity and ensuring desired employee outcomes. Through qualitative research of both white-collar and blue-collar jobs, we seek to determine the types of jobs most amenable to SPMS guidance.

Keywords – strategic performance measurement systems; role ambiguity; job related information; strategic outcomes.

I. INTRODUCTION

Strategic performance measurement systems (SPMS) are software programs used by businesses to align strategy with individual performance [1, 2, 3]. SPMS have been indirectly related with individual performance through mediators [cf. 4, 5, 6, 7] such as role ambiguity, which is “the perception that one lacks information necessary to perform a job or task, leading the perceiver to feel helpless” and confused [4, 8, 9].

SPMS are argued to enhance individual performance through role ambiguity that is reduced by the system providing job-relevant information [4, 10]. Job-relevant information is the information needed by employees to do their jobs [4, 10]. The more job-related information available to employees, the higher their performance is expected to be since job-related information should increase job understanding [4, 10].

While research on SPMS illustrates how SPMS relate to performance, the research is largely quantitative. In addition, the phenomenon by which role ambiguity affects individual performance is not well understood as there are conflicting findings that create a gap in the literature [8]. This research seeks to bridge this gap by exploring the phenomenon through which SPMS affect individual performance with the following research questions with the model below:

RQ1: How does an SPMS affect role ambiguity?

RQ2: How does role ambiguity affect individual performance?



Figure 1. Proposed Research Model

This research is important because SPMS are represented as applying to all work when, no evaluation of different types of jobs has been conducted [cf. 4, 10]. Through qualitative evaluation, we expect to find that, while some jobs are positively affected by SPMS, others are not. Understanding the contingencies by which SPMS is effective has the potential to alter company SPMS use. Also, the results should show further research needed to clarify contingencies relating to SPMS and its applicability.

With the goals of understanding how SPMS and role ambiguity affect work, we will conduct multiple qualitative case studies to obtain the perspectives of managers and non-managers and both white- and blue-collar workers on the SPMS—performance phenomenon. The next sections review the literature on SPMS and individual performance followed by methodology, discussion and expected findings.

I. BACKGROUND

A. SPMS

An SPMS is “an information system containing financial and non-financial measures that are derived from strategy and designed to align individual actions with organizational strategy” [3: 108]. Thus, SPMS serve four main purposes: convert strategy into measurable actions (e.g., financial and non-financial measures) [11, 1, 2], clarify job duties [4, 7], monitor individual and department-level performance, and provide feedback [5, 12].

Strategy is a course of action that enables an entity to compete in the market [13]. Strategic initiatives are translated into individual job target performance measures that can be clarified, monitored and measured by SPMS [11, 12]. For this purpose, SPMS are able to be customized with financial and non-financial performance measures and feedback tools that communicate and clarify employee job duties [5, 2, 14]. To be effective in clarifying tasks and monitoring performance an SPMS should properly convert strategy into measurable actions [12]. For instance, an SPMS may properly convert a firm’s delivery improvement strategy into measurable actions by requiring drivers to cut prior year delivery times by 30% or might provide sales people with monthly targets. Such SPMS are deemed to be closely tied to firm strategy and to be

effective in clarifying job duties and monitoring performance [12].

SPMS minimizes role ambiguity by clarifying tasks by communicating job requirements that have been converted from strategy to business unit goals, from which they are cascaded down to individual-level goals [1, 2]. SPMS minimizes role ambiguity by providing individuals with job-related information [4, 10]. Low role ambiguity, in turn, enhances individual performance [4, 7]. Thus, through SPMS managers are better able to breakdown strategy into components and assign them to departments and individuals across the organization [2, 11]. Moreover, individuals can always go back to the SPMS to further clarify their goals [4].

In addition to clarifying and communicating job requirements, SPMS also allow managers to monitor individual and department-level performance [3, 5, 7, 14, 15]. In particular, SPMS allow managers to compare individual and department-level financial and non-financial measures, comparing them with prescribed targets [5]. In sum, an SPMS converts strategy into measurable actions, clarifies tasks, and helps managers monitor performance at the individual and department levels. This research focuses on the relationship between SPMS and individual-level performance.

B. Sources of Role Ambiguity

Role ambiguity results in employee confusion due to lack of job requirement clarity [4, 8, 9]. Role ambiguity is also viewed as the difference between the information needed to perform a job and the information that is actually available [4]. Role ambiguity may come from a variety of sources in an organization [4, 7]. An example is ambiguity that occurs when strategy interpreted for implementation [12]. During strategy setting, top management teams develop strategy and assign portions to department heads who then decompose the strategy into individual-level goals [1, 2, 11]. Cascading strategy down to individual level goals may result in several ambiguities [12]. First, the planning department, responsible for receiving strategy from the management team and cascading it down to various departments may not clearly interpret the strategy for all levels, resulting in incoherent strategy for some departments. This would then translate to unclear tasks required of individual employees [4, 12]. Second, role ambiguity may occur when department heads receive correct information from the planning department but do not understand the roles to be played by their department in implementing the strategy [4, 7]. Third, managers may receive the right strategy information from department heads but may not be able to assign corresponding job duties to employees in a clear and coherent manner, leading to employee level role ambiguity [4]. Lastly, role ambiguity may come about when the management team is unable to convey the message behind strategy to managers and department heads in a clear manner [12]. While all these sources of role ambiguity are important, this research focusses on manager-level and employee-level role ambiguity.

C. SPMS and Role Ambiguity

SPMS research indirectly associates SPMS with individual performance [4, 5, 6, 7]. For example, Burney and Widener [4] assert that SPMS that are closely tied to strategy minimize role ambiguity by providing individuals with job-related information and that low role ambiguity, in turn, enhances individual performance. Despite these assertions, the phenomenon by which SPMS affects performance through reduced role ambiguity is not clear [8].

SPMS minimizes role ambiguity by translating strategy into individual-level goals [4]. To be effective in minimizing role ambiguity, SPMS should convert strategy into measurable actions and communicate those actions to employees in a coherent manner [2, 11]. Also, SPMS should provide employees with feedback their performance [2, 11]. SPMS that are able to perform these functions are deemed to be closely tied to strategy [4, 7, 12]. These SPMS minimize role ambiguity as employees become aware of what is expected of them [4]. Further, SPMS formalize goals and job duties by virtue of being written, which minimizes employee job uncertainty [4]. Thus, an SPMS that is closely tied to strategy minimizes role ambiguity by converting strategy into actionable tasks, communicating tasks to employees, and monitoring tasks with feedback to ensure that tasks are performed according to strategy [4].

Some authors [e.g., 10] argue that SPMS provide individuals with job-related information as a means of minimizing role ambiguity. Burney and Widener [4] also argue that job-related information serves as a source of reference that helps individuals to clarify task ambiguities and guides them in performing their daily duties. Further, individuals who are provided with job-related information are more likely to return for more [4]. Thus, while role ambiguity and job-related information seem similar, role ambiguity reflects the extent to which individuals understand their duties while job-related information reflects the extent to which individuals have job information upon which to base their job understanding [4]. In summary, SPMS increase job-related information which in turn decreases role ambiguity.

Several are still not clear in the SPMS research relating to role ambiguity. Whether job-related information actually increases before role ambiguity can be minimized or both can happen at the same time is not clear. For instance, from our earlier example, delivery drivers know from the SPMS that for every hour they spent delivering products last year, they have 42 minutes for the current year (30% less). However it is not clear whether the drivers' ambiguity is reduced simply because they know their current SPMS goals. Further, there is little to no role ambiguity in truck driving so role ambiguity may not be an issue. Rather, reducing prior-year delivery times could annoy drivers, which could lead to lower morale and increased driver turnover. Thus, research that explores how SPMS affects both white and blue collar RAs is needed. This study serves this purpose by studying managers, non-managers, white and blue collar workers in a single study.

In addition, detailed perspectives of individual employee and manager SPMS perception and role ambiguity with or

without job-related information is not clear. Lastly, we are aware of only one research that studied how SPMS affects role ambiguity and it was limited to management accountants, i.e., white collar workers [4]. Thus, it is not clear as to how SPMS affect role ambiguity of blue collar workers or managers of either group. Hence, there is the need to explore how SPMS affects both white and blue collar workers in a single study. We will bridge this literature gap by further exploring how SPMS minimize role ambiguity in research question 1. To do this, individuals from a large spectrum of jobs and their accounts of how, from their practical experience, SPMS affect role ambiguity.

D. Role ambiguity and individual performance

When role ambiguity is minimized, it is argued to enhance individual performance [4, 8]. However, this phenomenon is not well understood, as there are conflicting findings in the literature [8]. For example, some authors argue a negative relationship between role ambiguity and individual performance, where individual performance increases as role ambiguity decreases [4, 8]. Others assert a U-shaped relation between individual performance and RA, where individual performance decreases with increase in role ambiguity to a point beyond which individual performance increases even if role ambiguity increases [8]. Still, others argue there is an inverted U-shaped relation between individual performance and RA, where individual performance increases with increase in role ambiguity to a point beyond which individual performance decreases as role ambiguity increases [8].

In sum, while the current streams of research provide some insights into how role ambiguity affects performance, they are limited to the contexts in which they are studied [cf. 4, 7, 8]. Moreover, few studies provide detailed accounts of employees and managers' views on how role ambiguity affects performance. Thus, a unifying account of how role ambiguity affects performance is missing in the literature. We close another gap by analyzing the effect of role ambiguity on job performance through research question 2. The respondents will be asked role ambiguity-performance questions, which will be validated through company performance evaluation records.

II. METHODOLOGY

Given the lack of clarity on the SPMS—performance phenomenon and the inductive nature of our research questions [16], we will use multiple qualitative case methodology. This methodology will enable us to further explore the phenomenon in different contexts with multiple data sources [16, 17]. We will explore the research questions from a constructionist (radical humanist) perspective, where the truth is subjective, to provide research participants the opportunity to share their stories and experiences through semi-structured interviews [17]. With this approach, we expect the outcome of this study to be a deeper understanding of the SPMS—performance phenomenon. We will follow the steps recommended by Creswell [17] for conducting qualitative case study research, which are described below.

A. The Cases

Qualitative case studies are suitable for “how” research questions [16] with a goal of providing an understanding of a real-life bounded (contextual) systems phenomena through detailed analysis, which is the goal of this research [17]. Further, given the conflicting explanations of the SPMS—performance phenomenon (especially, how role ambiguity and job-related information affect performance) multiple qualitative case studies will provide a better understanding of the phenomenon. With this objective, case studies in five business segments (‘Wholesale’, ‘Retail’, ‘Mining’, ‘Generation’, and ‘Transmission’ units) of a utility company located in the Southern United States will be conducted. Semi-structured interviews will be used to obtain the perspectives of managers, non-managers, white and blue collar workers on how SPMS affect their performance. The distinct characteristics of the participants and their experiences with SPMS in each case context are expected to bring diverse perspectives to the study [16]. Thus, this study will explore how SPMS affect individual performance within the contexts of the five business segments, each with its own unique management and corporate culture.

In identifying cases, the researcher should bring different perspectives to the phenomenon being studied [17]. To meet this criterion, the cases identified for this study have distinct SPMS and job requirements that come with their own role ambiguities, making them appropriate for the study. From each business segment, we will select a total of fifteen individuals as recommended by Saldana [18] and we will include at least three managers and three non-managers as well as white and blue collar workers. This will enable us to obtain the perspectives of four demographic types on the SPMS—performance phenomenon. To select participants, the population of employees will be separated into categories of white-collar manager, white-collar worker, blue-collar manager, and blue-collar worker. From each category, respondents will be randomly selected.

In summary, the five department types will be the cases selected for this study, are likely to have characteristics that reflect the SPMS—performance phenomenon and as a result, should make this research more robust than a narrower set of respondents [16].

B. Data Collection

Before conducting interviews we will first collect secondary data. This will be comprised of employee performance evaluation scores for the past five years, firm mission and vision statements as documented on company website, and company strategy. Also, we will collect and document business unit goals and objectives as prescribed by the company's SPMS. The objective of collecting these secondary data is to document how the company strategy relates to its vision and mission. It will also inform us on how the strategy has been translated into business segments and employee goals and objectives. Each strategic initiative will be rated on the fidelity and granularity of its rendition in the SPMS. These will be used as measures of role ambiguity for

the digital SPMS. Thus, the background materials provide a basis for understanding of how, on paper, the SPMS is intended to work and how it actually works. Lastly, understanding the secondary data will make us better informed when designing interview protocols and should help us to properly interpret interview results [16, 18].

Semi-structured interviews will enable us to maintain consistency across participants while at the same time allowing respondents to elaborate on their feelings, attitudes and perceptions about the SPMS-performance phenomenon [16, 17]. Data collection will occur from June 1 to July 31 2016.

These decisions on data collection meet the criteria that data should be extensive and drawn from multiple sources [17] as they bring different perspectives (subjective realities) into the study, a basic premise on which constructionist qualitative studies are based [19].

C. Data Analysis

Data analysis will proceed with 'within' case and cross (between) case analyses as recommended by [17]. Descriptions of cases, history of events and cases, and chronology of events will be detailed for each of the five cases. Then, we will focus on key issues and group them into themes for further analyses to enable us better understand how SPMS affect Performance [17].

We will use attribute and descriptive, first-cycle coding techniques. We are choosing these coding techniques for four reasons. First, attribute coding will enable us to separate participant demographic information into manager, non-manager, white collar and blue collar workers for future management and reference [18]. Second, descriptive coding will enable us to break down interview data so that we can summarize topics into words and phrases for interpretation [16]. Third, units from descriptive coding will serve as foundation for further coding cycles as needed [18]. Lastly, breaking data down into words and phrases will provide us with more understanding of the data and help us develop evidence through multiple perspectives without bias towards participant impressions and behaviors [16].

After coding, we will perform 'within' case analyses for each case by looking for patterns among codes and group similar codes into sub-categories. Coding will be repeated to develop sub-categories and, eventually to identify themes as recommended by Saldana [18].

After 'within' case analyses, we will perform cross case analyses. To do we will compare themes, categories and sub-categories from each case to the others, looking for similarities and differences. Then regrouping of data by merging similarities will be done. The differences will be used to develop understanding of contingencies or differences in concept applicability. Then, we will interpret our findings and draw conclusions based on our research questions [17]. This will be done separately for each of the themes from 'within' and cross case analyses for each research question.

III. CONCLUSIONS

The SPMS—performance phenomenon needs to be further explored for a better understanding to look at manager, non-manager, white-collar and blue-collar jobs. This research is important because prior research have been quantitative studies in a single context. Most importantly, the phenomenon by which SPMS affect performance is not well understood as there are conflicting findings in the literature. In exploring the SPMS—performance phenomenon, the research questions will guide the collection of primary (interviews) and secondary data from five business segments of a utility company. We expect our findings to bridge the gaps in the literature and provide further understanding of how SPMS affects individual performance in organizations. This outcome of this research should inform companies using SPMS to guide their strategy-implementation processes.

REFERENCES

- [1] Kaplan, R. S., & Norton, D. P. 1996. *The balance scorecard: Translating strategy into action*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- [2] Kaplan, R. S., & Norton, D. P. 2001. *The strategy-focused organization: How balance scorecard companies thrive in the new business environment*. Boston, MA: Harvard Business School Press.
- [3] Rapiah, M., Hui, W. S., Ibrahim, R., & Aziz, A. 2014. The relationship between strategic performance measurement systems and organisational competitive advantage. *Asian-Pacific Management Accounting Journal*, 5(1): 1–20.
- [4] Burney, L., & Widener, S. K. 2007. Strategic performance measurement systems, job-relevant information, and managerial behavioral responses—Role stress and performance. *Behavioral Research in Accounting*, 19: 43–69.
- [5] Burney, L., & Widener, S. 2013. Behavioral work outcomes of a strategic performance measurement system-based incentive plan. *Behavioral Research in Accounting*, 25: 115–143.
- [6] Burney, L., Henle, C., & Widener, S. 2009. A path model examining the relations among strategic performance measurement system characteristics, organizational justice, and extra- and in-role performance. *Accounting, Organizations and Society*, 34(3-4): 305–321.
- [7] Hall, M. 2008. The effect of comprehensive performance measurement systems on role clarity, psychological empowerment and managerial performance. *Accounting, Organizations and Society*, 33(2-3): 141–163.
- [8] Onyemah, V. 2008. Role Ambiguity, Role Conflict, and Performance: Empirical Evidence of an Inverted-U Relationship. *Journal of Personal Selling and Sales Management*, 28(3): 299–314.
- [9] Eatough, E. M., Chu-Hsiang, C., Miloslavic, S. A., & Johnson, R. E. 2011. Relationships of role stressors with organizational citizenship behavior: A meta-analysis. *The Journal of Applied Psychology*, 96(3): 619–632.
- [10] Leach-Lopez, M. A., Stammerjohan, W. W., & McNair, F. M. 2007. Differences in the role of job-relevant information in the budget participation-performance relationship among U.S and Mexican managers: A question of culture or communication. *Journal of Management Accounting Research*, 19: 105–136.
- [11] Aguinis, H. 2013. *Performance management*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Inc.
- [12] Choi, J., Hecht, G. W., & Tayler, W. B. 2012. Lost in translation: The effects of incentive compensation on strategy subrogation. *The Accounting Review*, 87: 1135–1163.
- [13] Mintzberg, H., Ahlstrand, B., & Lampel, J. 1998. *Strategy safari: A guided tour through the wilds of strategic management*. NY, New York: Free Press.
- [14] Parisi, C. 2013. The impact of organisational alignment on the effectiveness of firms' sustainability strategic performance measurement systems: An empirical analysis. *Journal of Management and Governance*, 17(1): 71–97.

- [15] Bisbe, J., & Malagueño, R. 2012. Using strategic performance measurement systems for strategy formulation: Does it work in dynamic environments? *Management Accounting Research*, 23(4): 296–311.
- [16] Ordanini, A., Miceli, L., Pizzetti, M., & Parasuraman, A. 2011. Crowdfunding: Transforming customers into investors through innovative service platforms. *Journal of Service Management*, 22: 443–470.
- [17] Creswell, W. J. 2013. *Qualitative inquiry and research design* (3rd Ed.). Thousand Oaks, California: SAGE Publications Ltd.
- [18] Saldana, J. 2013. *The coding manual for qualitative researchers* (2nd Ed.). Thousand Oaks, California: SAGE Publications Ltd.
- [19] Yin, R. K. 2009. *Case Study Research: Design and Methods*. (L. Bickman & D. J. Rog, Eds.) *Essential guide to qualitative methods in organizational research*, vol. 5. Sage Publications.

A utilização dos Recursos Educativos Digitais – RED – na Prática de Ensino Supervisionada no 1.º CEB

The use of DER-Digital Education Resources- Teaching Supervised Practice

Joana Ribeiro
ESE – Instituto Politécnico de Castelo Branco
Rua Prof. Dr. Faria de Vasconcelos
6000-266 Castelo Branco
+351272339100
joanaribeiro91@gmail.com

Henrique Gil
ESE – Instituto Politécnico de Castelo Branco
CAPP – Universidade de Lisboa
UIDEF – Universidade de Lisboa
Rua Prof. Dr. Faria de Vasconcelos
6000-266 Castelo Branco
+351272339100
hteixeiragil@ipc.pt

Resumo — O presente artigo tem como objetivo refletir sobre o impacto das TIC em contexto educativo, focando os potenciais contributos da utilização dos Recursos Educativos Digitais (RED) no processo de ensino e de aprendizagem. Para o efeito, são apresentados os resultados da utilização do RED: Aula Digital – O Mundo da Carochinha 1.º Ano. O estudo foi concretizado numa turma do 1.º ano de escolaridade do 1.º CEB, constituída por 27 alunos, com idades compreendidas entre os 6-7 anos, num Agrupamento de Escolas da Cidade de Castelo Branco, no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada.

Os resultados obtidos, após a análise e tratamento dos dados, permitiram concluir que ao utilizar este RED os alunos demonstraram terem adquirido os conteúdos abordados, pelo facto de se terem potenciado níveis de maior interesse, empenho, motivação, envolvimento e espírito de iniciativa no decorrer das atividades propostas. Porém, talvez pelo facto de serem alunos de 1.º ano do 1.º CEB, não descuram a presença e o acompanhamento da professora e a utilização de recursos em suporte papel. Quer isto dizer que deve haver uma complementaridade que concilie o fator humano (professora), com a utilização de recursos em suporte digital (RED) e recursos em suporte papel (Manual). Traduzindo, desta forma, uma rentabilização dos recursos pedagógicos conducentes a uma melhoria do processo de ensino e de aprendizagem.

Palavras Chave - *Tecnologias de Informação e Comunicação; Recursos Educativos Digitais; 1.º Ciclo do Ensino Básico; Prática de Ensino Supervisionada.*

Abstract — The current internship report was drawn up to fulfil the necessary prerequisite to obtain the degree of master in nursery and primary school education. Research was conducted in a 1st year class of the 1st Basic education cycle, comprised of 27 students, of the “Quinta da Granja” school where the supervised practice took place.

The objective of the present research is to ascertain the potential contributions of a complementary digital resource along with the traditional paper resource as to better motivate and involve the students, promoting greater and better learning. The starting

question that guided this practical intervention is as follows: « To what extent do the use of DER-Digital Education Resources, better the teaching and learning process? » From this starting point the objectives are: 1- Promote the use of information and communication technologies in the education process; 2- Put into context the use of DER- Digital Education Resources in the teaching/ learning process; 3- Look into the potential of DER in promoting significant learning; 4- Implementing the diversification of educational resources in the classroom: paper format (school book) and digital format (DER).

Relating to the kind of research, the adopted methodology was of a qualitative nature, based on active research. The data collection techniques used where, field notes participant observation, semi structured interviews, questionnaire surveys and photographic records.

This data collection counted with the direct participation of students, of cooperating teacher, the «pedagogical pair» and the head teachers of “Quinta da Granja EBI” School.

The results obtained, following the analysis and treatment of data, concluded that the use of DER led the students to a more in depth learning, by the fact that they promote higher levels of interest, commitment motivation, involvement and initiative in the course of the proposed activities.

Keywords - Communication, Information Technologies; Digital Education Resources; 1st cycle of Basic education; supervised practical education component; formatting; style; styling; headings.

I. INTRODUÇÃO

A sociedade atual tem vindo a recorrer, cada vez mais, a uma panóplia de recursos digitais para as mais diferentes áreas e serviços. O recurso a estas ferramentas tem sido realizado no sentido de aperfeiçoar procedimentos e, em suma, melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Quer isto dizer, que se tem vindo a tornar fundamental o acesso e a aquisição respetiva de competências digitais que permitam uma natural inclusão social. Neste sentido, a escola deve promover espaços e estratégias que propiciem a utilização de recursos digitais.

Atualmente existem novos meios e recursos digitais que auxiliam na organização das aprendizagens, tornando-as mais flexíveis no que diz respeito à promoção de atividades que levem à geração de diferentes formas de promover o processo de ensino e de aprendizagem.

O RED que acompanha o manual pode ser associado a uma característica inovadora no que diz respeito à inclusão de diferentes metodologias associadas a novas formas de apresentar, demonstrar e estruturar as aprendizagens. O RED vem tornar mais flexíveis as orientações contidas no manual escolar em suporte papel, pelo facto de conter documentos em diferentes suportes (texto, áudio e animações) que se concretizam numa apresentação multimédia.

Ao integrar os RED nas atividades é introduzida, também, uma componente mais lúdica. Neste sentido, a utilização do RED deve ser encarada como um instrumento dinâmico e flexível. Essa flexibilidade é notória na medida em que se podem conjugar os múltiplos conteúdos do manual com diversas funcionalidades interativas criadas para apoiar o ensino e a aprendizagem no contexto de sala de aula.

O presente artigo encontra-se estruturado em secções. Será apresentado um breve enquadramento teórico sobre a importância da utilização das TIC em contexto educativo, será apresentado o conceito de RED, os respetivos atributos qualitativos e a sua importância no processo de ensino e de aprendizagem. Na terceira secção será apresentada a questão-problema e os objetivos que nortearam a investigação, bem como as opções metodológicas e instrumentos de investigação que se consideraram adequados. A quarta secção é dedicada ao tratamento e análise dos dados, dos dados recolhidos dos questionários aplicados aos alunos, das entrevistas semiestruturadas realizadas aos professores titulares de turma e das opiniões obtidas no seio das sessões práticas de intervenção realizadas com o RED «*Aula Digital – O Mundo da Carochinha 1.º ano do 1.º CEB*». Por fim, na quinta secção será apresentada uma reflexão final relacionada com as principais conclusões apuradas.

II. AS TIC NO 1.º CICLO DO ENSINO BÁSICO

INTEGRAÇÃO DAS TIC NO 1.º CEB

Atualmente, existem meios e recursos que sustentam na organização das aprendizagens, na eliminação da inflexibilidade proporcionando diferentes abordagens e formas de desenvolver atividades. Neste sentido, as TIC podem ser promotoras de novos contextos que poderão proporcionar ao processo de ensino e de aprendizagem.

De acordo [1], os professores têm oportunidade de criar outros métodos de organização, contribuindo para a criação de conhecimento e inovação com base na utilização de recursos digitais. A integração das tecnologias na Escola pode promover experiências de aprendizagem contribuindo para que se possam introduzir diversas formas de abordagens dos conteúdos contrariando, assim, uma mera transmissão de conhecimentos. [2] sublinha que as TIC entraram nos mais diversos domínios da atividade humana, fazendo hoje parte

integrante da nossa cultura e, como tal, não podem deixar de ter um papel relevante na Escola. [3] referem ainda que os mais jovens são atraídos pelas tecnologias, porém, nem sempre a Escola aproveita esse entusiasmo para as integrar. Deste modo, é necessário aproveitar pedagogicamente a oportunidade de utilizar as TIC no processo de ensino e de aprendizagem, fazendo-a reverter positivamente a favor das aprendizagens dos alunos. Quer isto dizer, que a utilização das TIC não significa apenas integrar os computadores em atividades curriculares específicas mas antes, proporcionar ambientes de aprendizagem estimulantes. Neste âmbito, o Decreto-lei nº 6/2001 refere alguns Princípios Orientadores do Currículo que valorizam a diversidade de metodologias, estratégias e atividades de aprendizagem, em particular com recurso às TIC.

O PAPEL DO PROFESSOR NA INTEGRAÇÃO DAS TIC

[4] defende que as TIC podem ser consideradas como excelentes recursos de apoio ao processo de ensino e de aprendizagem, uma vez que permitem o acesso a softwares que dispõem de diversos recursos didáticos. [4] refere ainda que a utilização destes recursos possuem como um fator que pode e deve potenciar processos de inovação.

Neste sentido, o professor deve possuir a preocupação de fomentar o conhecimento nos alunos, procurando estratégias que motivem e respondam às suas necessidades. Desempenhando um papel fundamental na integração das TIC no processo de ensino e de aprendizagem.

De acordo com [5] com a utilização das TIC pretende-se que se possa estabelecer uma relação de proximidade entre professores e alunos, onde se possam introduzir novas abordagens para a realização das atividades.

Para o efeito, a utilização das TIC poderá ser um instrumento impulsionador de interação entre os professores e alunos, dando resposta a eventuais necessidades que possam surgir no seio educativo. [6] refere que este processo deve ser muito bem analisado, utilizando o programa, as metas curriculares e recorrendo a estratégias e materiais de apoio apropriados ao ano de escolaridade em questão. Deste modo, o professor terá que adaptar o seu método de ensino perante os seus alunos para que vá ao encontro dos requisitos que a sociedade lhes irá solicitar.

III. UTILIZAÇÃO DOS RED EM CONTEXTO EDUCATIVO

Nos últimos anos, os manuais escolares passaram a integrar, de forma complementar, um manual em formato digital (CD-ROM). De acordo com [7], um Recurso Educativo Digital (RED) pode ser uma coleção de documentos com algumas propriedades, tais como uma finalidade intrinsecamente educativa; que se enquadrem nas necessidades do sistema educativo português; que tenham identidade e autonomia; e, que correspondam a padrões de qualidade previamente definidos.

Neste sentido, [8] vem complementar esta definição, salientando que os RED podem ser considerados como uma

ferramenta digital de grande importância ao permitirem que acelerem a diluição das fronteiras entre aprendizagem formal e informal.

Contudo, a existência de recursos digitais cria novas oportunidades e novos desafios aos professores para a sua prática letiva. A utilização dos RED pode contribuir e facilitar o desenvolvimento das abordagens educativas, uma vez que permitem, por parte dos professores, outras propostas de atividades. De acordo com [8], os RED podem ainda contribuir para uma oferta diversificada de recursos de aprendizagem, uma vez que permitem a utilização de materiais educativos organizados e coerentes com os objetivos e com os conteúdos contidos nos manuais escolares, uma vez que podem incluir ficheiros de texto, imagens, sons, vídeos em formato digital que se podem concretizar num contexto multimédia. Deste modo, estes instrumentos podem ser agentes potencializadores de estratégias de ensino possibilitando, por isso, a inovação das práticas pedagógicas e um maior envolvimento dos alunos durante o seu processo de aprendizagem.

Algumas das ferramentas contidas nos RED possuem uma componente que se pode assumir como tendo um caráter mais lúdico. No que diz respeito à utilização dos RED, os alunos aderem facilmente a este tipo de propostas. Os alunos tendem a apreciar esta valência, o que vem facilitar o seu envolvimento nas atividades propostas pelo professor. Para além dos alunos aderirem muito facilmente aos RED. [9] ao referir-se aos educadores/professores é de opinião que para estes a utilização não é a mais direta e mais fácil. Uma possível razão para esta afirmação pode estar relacionada com o facto de estarmos perante dois tipos de cidadãos com competências digitais muito diferenciadas, tal como referido por [5], ao mencionar a importância de se perceber a forma como os nativos digitais e os imigrantes digitais utilizam as TIC.

É importante perceber e refletir sobre as principais características que o RED deve conter e quais as suas potencialidades pedagógicas. Para o efeito, [10] refere que um RED adequado para alunos deverá atender a um conjunto de características que incluem: encorajar a imaginação, exploração e resolução de problemas; reflectir e consolidar aquilo que a criança já sabe; conter características audiovisuais como o som, música e voz (multimédia).

IV. METODOLOGIA ADOTADA E DESCRIÇÃO DO ESTUDO

Relativamente ao tipo de investigação, optou-se por uma metodologia de natureza qualitativa, na qual foi privilegiada uma investigação-ação, que foi implementada no decorrer da Prática de Ensino Supervisionada no 1º Ciclo do Ensino Básico.

Nesta recolha de dados houve a participação direta dos alunos da turma, da Orientadora Cooperante, do «Par Pedagógico» e dos professores titulares de turma da Escola EB1 Quinta da Granja de Castelo Branco.

Como técnicas de recolha de dados foram utilizadas as notas de campo, a observação participante, a entrevista semiestruturada, o inquérito por questionário e os registos fotográficos.

É importante referir que foram aplicados dois inquéritos aos alunos, devidamente validados pelo método dos juizes

(especialistas no 1.º CEB e em TIC): o primeiro foi aplicado numa fase inicial prévia às sessões de intervenção, de forma a recolher informações acerca das opiniões e dos conhecimentos dos alunos relativamente às TIC; o segundo inquérito foi aplicado após as sessões de intervenção no sentido de se recolherem dados relacionados com a avaliação que os alunos fizeram da utilização do RED.

Com a investigação pretendeu-se averiguar em que medida a utilização complementar de um recurso em formato digital, com a utilização de um recurso em formato papel, pode contribuir para melhorar a motivação e o envolvimento dos alunos no sentido de promover aprendizagens. A questão de investigação que norteou a intervenção prática foi a seguinte: **Em que medida a utilização dos RED - Recursos Educativos Digitais – poderá melhorar o processo de ensino e aprendizagem?**. Partindo desta questão, os objetivos formulados foram os seguintes:

1. Promover a utilização das TIC em contexto educativo.
2. Enquadrar a utilização dos RED – Recursos Educativos Digitais - no processo de ensino e de aprendizagem no 1º Ciclo do Ensino Básico.
3. Investigar quais as potencialidades do RED na promoção de aprendizagens mais significativas.
4. Implementar a diversificação de recursos educativos em contexto de sala de aula: formato papel (manual escolar) e formato digital (RED).

V. RESULTADOS OBTIDOS

Como mencionado anteriormente, a presente investigação possui um caráter qualitativo, procurando descrever e compreender a importância dos RED (mais especificamente o RED «Aula Digital – O Mundo da Carochinha 1.º Ano») no processo de ensino e de aprendizagem, numa turma constituída por 27 alunos do 1.º Ano do 1.º CEB. Neste sentido, para além da descrição dos acontecimentos observados em contexto sala de aula, pretendeu-se compreender e interpretar a perspectiva de todos os intervenientes para além dos alunos, nomeadamente do «Par Pedagógico», da Orientadora Cooperante e dos professores titulares do 1.º CEB.

Este RED foi utilizado e implementado no decorrer da prática de ensino supervisionada que foram planificados em diferentes sessões para este efeito.

Estas atividades basearam-se na:

- **correção de trabalhos:** resolução de exercícios retirados do RED «Aula Digital – O Mundo da Carochinha 1.º Ano» e correção dos mesmos com recurso ao RED;
- **apresentação de novos grafemas:** exploração da grafia (grafema manuscrito e grafema de imprensa) e da forma fónica, Exemplos de palavras, relacionadas com o grafema abordar;
- **realização de jogos interativos:** realização de jogos interativos, de forma a sistematizar os conteúdos abordados;
- **apresentação de atividades:** explicação das atividades, recorrendo à projeção do manual e do livro de fichas.

Para o efeito, a análise e o tratamento dos dados serão apresentados de forma cronológica relacionada com a sua efetivação.

Inicialmente, foram solicitadas as autorizações aos Encarregados de Educação, para a recolha de dados através de registos, questionários e fotografias dos seus educandos.

Após o tratamento dos dados do questionário inicial apurou-se que a turma era constituída por 27 alunos, pertencendo 9 ao género masculino e 18 pertencendo ao género feminino, com idades compreendidas entre os 6 e 7 anos. Relativamente à utilização do computador pelos alunos em suas casas, era importante saber se o possuíam, no sentido de se poder ter a perceção relativamente ao acesso desta ferramenta. De acordo com os dados recolhidos, todos os alunos referiram que tinham computador em casa. No que diz respeito à utilização que os alunos fazem do computador em casa, como se pode verificar no Gráfico 1, esta possui diversas finalidades, havendo uma distribuição das respostas nos vários itens. A maioria (52%) assinalou que gostava de utilizar o computador para «Jogar». Em seguida, a preferência registada foi para «Ver vídeos/filmes» (26%).

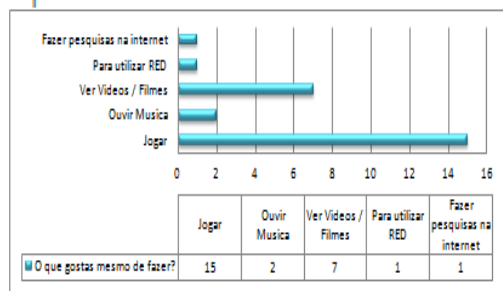


Gráfico 1 - «Se tens computador em casa, qual a utilização que fazes dele?»

No que diz respeito à utilização do computador na escola, a esmagadora maioria dos alunos afirma que este ano letivo já utilizou o computador.

O tipo de atividade mais referenciado diz respeito à utilização do computador, as atividades preferidas, correspondem aos jogos (45%) e à exploração/utilização de programas educativos foi a segunda opção mais referenciada (42%). Dos resultados apurados, há uma preponderância de utilização do computador na área disciplinar do Português, como consequência de uma utilização mais extensiva na leitura de textos (contos/histórias) através da sua projeção a partir de programas de apresentação eletrónica (Powerpoint).

Neste inquérito por questionário foi ainda incluída uma questão sobre o nível educativo em que os alunos utilizaram pela primeira vez o computador. A esmagadora maioria (81%) afirmou que a primeira utilização deste recurso foi na Educação Pré-Escolar. Uma minoria significativa (15%) afirmou ter utilizado o computador pela primeira vez no 1.º CEB e apenas 1 aluno disse que nunca tinha utilizado o computador.

No que diz respeito ao local onde utilizam o computador (os alunos podiam escolher mais do que uma opção) 60% dos

alunos afirmam que utilizam o computador em «Casa» e 19% dos alunos em «Casa de familiares».

Relativamente aos dados obtidos das sessões de intervenção, recolhidos através das notas de campo, pode-se afirmar que a utilização deste RED envolveu os alunos de ‘forma voluntária’, ou seja, sem necessidade de haver uma insistência para a realização das atividades.

Em termos de balanço, relativamente à utilização do RED, pode-se afirmar que este recurso foi bem acolhido pelos alunos e veio facilitar as novas aprendizagens. Como se pode observar através de alguns exemplos de notas de campo, os relatos recolhidos demonstram que os alunos apreciaram a inclusão do RED:

(A1): “Tem mais cor e as coisas mexem-se.”

(A4): “As peças tinham cor e as da folha não.”

(A8): “Tem som.”

(A12): “Gostei porque é um jogo.”

(A27): “Gosto mais de fazer no computador. Porque é mais giro.”

Os alunos referiram, no essencial, três aspetos que convém serem realçados: sentirem que o RED lhes veio criar condições para melhor poderem aprender um novo conteúdo; o terem visualizado animações dos novos conteúdos, o que para os alunos se verificou ser muito adequado por sentirem que significava uma ajuda para a concretização dos conhecimentos; por último, o facto de a estas animações ser associado som, foi também entendido como bastante importante e positivo. A existência de recursos multimédia podem ser referenciados como fundamentais na aproximação do aluno ao recurso digital por lhes ser dada a noção de existir uma ‘dinâmica’ e não a apresentação de um recurso ‘estático’.

Relativamente à utilização do RED, em contexto sala de aula, era importante recolher a opinião dos alunos sobre a utilização desta ferramenta no decorrer das atividades. Para o efeito, foi realizada a aplicação de um pós-inquérito por questionário para averiguar as opiniões dos alunos face à utilização do RED em contexto sala de aula. Em termos conclusivos, as opiniões dos alunos referentes à utilização do RED no processo de aprendizagem foram bastante positivas, ao afirmarem que pretendem continuar a utilizá-lo também nas suas casas e ao referirem que o preferem comparativamente com o manual escolar (suporte papel), como é possível verificar no gráfico 2:

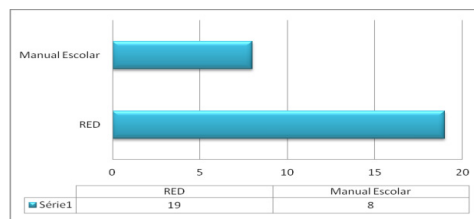


Gráfico 2 - «Preferência entre a utilização do RED ou do Manual escolar.»

Estes dados vêm incentivar a utilização do RED de forma mais sistemática, por razões que se prendem com as valências multimédia e lúdicas que proporcionam um ambiente mais atrativo e mais motivador para os alunos.

Dos principais resultados obtidos relativamente às entrevistas realizadas à Orientadora Cooperante e aos professores titulares de turma pode-se destacar a importância que atribuem à utilização das TIC no 1.º CEB. De um modo geral, é possível afirmar que as TIC já fazem parte das rotinas diárias dos professores em contexto sala de aula. Contudo, a utilização das TIC surge como uma estratégia de abordagem no processo de ensino e de aprendizagem, verificando-se que essa utilização era feita tendo por base apenas uma abordagem do tipo explorativo, apenas como ilustração e sem existir uma exploração mais profunda e/ou crítica.

No que diz respeito à utilização de RED, apesar de os professores afirmarem que se trata de uma ferramenta que pode ser promotora de ambientes de aprendizagem mais motivadores, não pareceu existir uma utilização mais extensiva deste recurso. O facto de não utilizarem estes recursos pode estar diretamente interligada com a falta de equipamentos informáticos que lhes permitam rentabilizar este recurso e outras ferramentas digitais. No decorrer da investigação fez-se uma abordagem diferente do RED, foi explorado em conjunto com os alunos e tinha como objetivo ser encarado como mais um recurso, com carácter complementar ou não, na promoção de maiores e melhores aprendizagens.

De um modo geral, os resultados obtidos, após a análise e tratamento dos dados, permitiram concluir que ao utilizar este RED os alunos demonstraram uma maior entrega na realização das atividades. Potenciando-se, desta forma, níveis de maior interesse, que levam a um maior envolvimento dos alunos nas atividades a realizarem. Numa outra vertente, esta maior predisposição dos alunos para a realização das atividades propostas pretendiam também verificar a existência de trabalho colaborativo entre os alunos o que indicou um maior aprofundamento dos conteúdos ministrados.

VI. CONCLUSÕES

No presente estudo, a existência de variadíssimos recursos digitais em associação com o fácil acesso aos mesmos, faz com que desde muito cedo as crianças tenham um contacto privilegiado com os recursos digitais. A utilização em espaços não formais destes recursos digitais é realizada com diferentes objetivos e finalidades. De um modo geral, estas utilizações são realizadas para proveito próprio onde se destaca, de forma preferencial, um enquadramento lúdico que gera nos alunos níveis de motivação e satisfação elevados.

Estes dados vêm incentivar a utilização do RED de forma sistemática, por razões que se prendem com as valências multimédia e lúdicas que, consequentemente, proporcionam um ambiente mais atrativo e motivador para os alunos.

De um modo geral, os resultados obtidos, após a análise e tratamento dos dados, permitiram concluir que ao utilizar este RED os alunos demonstraram uma maior entrega na realização

das atividades. Potenciando-se, desta forma, níveis de maior interesse, empenho, motivação, envolvimento e espírito de iniciativa no decorrer das atividades propostas pela investigadora.

O professor deve ter a preocupação de proporcionar aos alunos, para além de diferentes estratégias e abordagens, uma diversidade de recursos que sirvam de apoio para poderem realizar as suas aprendizagens, em especial, os recursos digitais que fazem parte integral das rotinas diárias dos alunos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Leal, V. (2009) *As TIC como actividade de enriquecimento curricular no 1º ciclo do ensino básico*: Pós Graduação em TIC em contextos de aprendizagem. Escola Superior de Educação de Paula Frassinetti.
- [2] Amante, L. (2013). *A Integração das Novas Tecnologias no Pré-Escolar: Um Estudo de Caso*. Lisboa: Tese de Doutoramento em Ciências da Educação. Acedido em fevereiro de 2015: [\[http://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2488/4/TeseDoutoramento_L%C3%BAcia%20Amante.pdf\]](http://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/2488/4/TeseDoutoramento_L%C3%BAcia%20Amante.pdf).
- [3] Valente, L., & Osório, A. (2007). Recursos online facilitadores da integração das TIC na aprendizagem das crianças. In Osório, A., & Puga, M. (Coords). *As Tecnologias de Informação e Comunicação na Escola*. Vol. 2. Braga: UM/ Metaforma.
- [4] Decreto-lei nº 6/2001. Ministério da Educação. Lisboa: Diário da República.
- [5] Gil, Henrique (2014). *As TIC, os nativos digitais e as práticas de ensino supervisionadas: um novo espaço e uma nova oportunidade*. In III Conferência Internacional – Investigação, práticas e contextos em educação, Leiria, 09-10 de maio: atas. (p. 89-95).
- [6] Correia, L. (2008). *Inclusão e Necessidades Educativas Especiais. Um Guia para Educadores e Professores*. Coleção Necessidades Educativas Especiais. 2ª Edição. Porto: Porto Editora.
- [7] Ramos, J.L. (2008) *Avaliação e Qualidade de Recursos Educativos Digitais*. Évora: Universidade de Évora.
- [8] Hylén, J. (2011). *Cadernos Sacausef: Dar conhecimentos gratuitamente – o aparecimento dos recursos educativos abertos*. Lisboa, Portugal: Ministério da Educação, DGIDC
- [9] Araújo, M. (2009). *Crianças Ocupadas*. Prime Books.
- [10] Paz, A. (2004). *Software educativo multimédia no jardim de infância: actividades preferidas pelas crianças dos 3 aos 5 anos*. Dissertação de Mestrado, Braga, Portugal.
- [11] Ding, W. and Marchionini, G. 1997. *A Study on Video Browsing Strategies*. Technical Report. University of Maryland at College Park.

Marco de Selección de Soluciones basadas en Sistemas de Información Geográficos

Framework for Selecting Solutions based on Geographic Information Systems

Dante Carrizo, Carlos Moller, Esteban Díaz

Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la Computación
Universidad de Atacama-UDA

Copiapó, Chile

dante.carrizo@uda.cl; carlos.moller@alumnos.uda.cl; ediazbrown@gmail.com

Resumen — Debido al desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), tareas que dependían de extensos rangos de tiempo y recursos han sido simplificadas. En la actualidad, hay una gran diversidad de alternativas SIG, lo que dificulta la toma de decisión a la hora de elegir un SIG adecuado para un determinado proyecto. Por esta razón, en este trabajo se presenta un marco que apoya la toma de decisiones en la selección de un SIG de una organización de cualquier tipo y tamaño. Este marco ha sido generado a partir de una profunda investigación sobre funcionalidades y casos de éxito de los SIG en organizaciones. El marco se basa en dos factores: viabilidad técnica y viabilidad económica. El método de selección es aplicado a un estudio de caso en el cual se analizan las soluciones SIG viables que se ajusten a los atributos de la empresa. Autores pretenden en el futuro desarrollar un software basado en el marco para facilitar la incorporación de SIGs en las organizaciones.

Palabras Clave – marco de selección; sistemas de información geográfica; estudio de caso; desarrollo de sistemas.

Abstract — Due to the development of Geographic Information Systems (GIS), tasks that relied on extensive ranges of time and resources they have been simplified. At present, there are a variety of alternative SIG, hampering the decision making when choosing a suitable GIS for a specific project. Therefore, in this paper a framework that supports decision-making in the selection of GIS in an organization of any type and size is presented. This framework has been generated from a deep research capabilities and success stories of GIS in organizations. The framework is based on two factors: technical feasibility and economic viability. The selection method is applied to a case study in which GIS viable solutions that fit the attributes of the company are analyzed. Authors intend in the future to develop a framework-based software to facilitate the incorporation of GIS in organizations.

Keywords – framework of selection; geographic information systems; case study; systems development.

I. INTRODUCCIÓN

El análisis de datos geográficos y la posibilidad de extraer información a partir de ellos, es una necesidad creciente en la sociedad actual. Para ello son necesarias herramientas específicas, como son, los sistemas de información geográfica

(SIG). Las soluciones SIG son sistemas de información geográfica informatizada, adecuada para capturar, almacenar, manipular, analizar, modelar y representar datos referenciados espacialmente, así como para la resolución de problemas complejos de planificación y gestión. Este tipo de implementaciones van dirigidas a servicios públicos o empresas privadas con un gran número de usuarios que constituyen el entorno organizacional [1].

Debido al gran uso de este tipo de soluciones, este trabajo se enfocará a todo tipo de organizaciones grandes o pequeñas que requieran una solución SIG. Empresas que tendrán necesidades muy específicas y que pueden diferir unas de otras. Entre distintos clientes podemos encontrar una serie de necesidades similares, pero también un importante número de necesidades propias. Para cubrir ambas situaciones, se puede pensar en realizar un desarrollo a medida para cada uno de ellos, o plantear un único desarrollo que sea flexible y personalizable, de forma que cada usuario seleccione sólo las funcionalidades que necesite. En esta dirección, este trabajo plantea un Marco de Asistencia para la Selección de Soluciones SIG (MASSIG), con el fin de facilitar el proceso de toma de decisiones en la selección de una solución SIG y que se adapte a los atributos de una organización específica.

El marco considera aspectos organizacionales y de los SIGs para proponer soluciones adecuadas optimizando el uso de recursos. El marco considera una lista de SIGs inicial, pero con la futura automatización del marco a través de un software será posible actualizar información y agregar nuevos SIGs.

II. ANTECEDENTES

Las Tecnologías de Información Geográfica (TIG) permiten asociar una representación gráfica de cualquier lugar de la geografía con todos aquellos datos que se consideren de interés [2]. De esta manera se pueden analizar diferentes parámetros o estudiar distintos aspectos sobre el terreno, fenómenos o acontecimientos que tienen lugar en cualquier lugar del territorio, así como las relaciones entre ellos. Las ventajas que esto supone son para conseguir un conocimiento más preciso y para aumentar la eficacia de la gestión de una región, de sus recursos y de las actividades que en ella se pueden desarrollar.

Por esto, las TIG se vuelven un instrumento imprescindible en prácticamente cualquier ámbito de trabajo, y por supuesto en la cooperación al desarrollo.

En los últimos años, todas las tecnologías asociadas a la información geográfica han tenido una gran evolución, principalmente, gracias al desarrollo de Internet. El uso social de la Red se ha traducido en nuevas iniciativas y proyectos que tienen como fundamento principal poder compartir recursos: servidores de mapas, bases de datos distribuidas, y todo un conjunto de tecnologías que permiten la interoperabilidad entre sistemas.

Los SIG son parte fundamental de las TIG, sistemas que han ido evolucionando con el paso del tiempo desde que empezaron a utilizarse los mapas y tomaron importancia para uso agrícola, para planeación demográfica, recursos naturales y militares. Al principio sólo estaban a disposición de gobernantes y militares, pero la necesidad de conocer nuestro entorno geográfico los ha puesto a disposición de todos [1].

Actualmente, se disponen de varios métodos para obtener información, sea esta descriptiva o cuantificable y para trasladarla a una base de datos geográfica, entre estos medios de obtención están: fotografía aérea, imágenes de satélite, mapas y otros.

III. TRABAJOS RELACIONADOS

Existen pocos trabajos previos que abordan el tema de selección de sistemas de información geográfica. Uno de ellos es la propuesta de Woodcock, Sham y Shaw [3], quienes dan su punto de vista con respecto a la adquisición adecuada de un SIG. Consideran factores externos al software que influyen en costos como son la baja experiencia de las personas en el uso de SIG, funcionalidades, estabilidad futura, desarrollo potencial, disponibilidad de soporte, costos de mantención, entre otros. El estudio se centra en la elección adecuada de una solución SIG que centralice todos estos costos y requerimientos para facilitar su uso y así asegurar prosperidad en el software a través de un modelo de entorno el cual evalúa costos, funcionalidades, facilidad de uso, estabilidad futura y potencial de desarrollo como también disponibilidad de soporte y costos de mantención. Es un trabajo inspirador pero que ha quedado desactualizado.

Por otro lado, los autores Eldrandaly y Naguib [4] plantean la importancia de saber elegir un software SIG adecuado debido a la gran inversión que esta representa en cualquier tipo de proyecto. El problema surge por la gran cantidad de decisiones y factores que inciden en la elección de un software adecuado para cada empresa, por esto se propone un sistema basado en el conocimiento integrando sistemas expertos y procesos de jerarquía analítica usando el modelo de componente de objetos para ayudar en la toma de decisiones al momento de elegir un software SIG para un problema en particular. Si bien es un marco potente, su actualización futura permanente demanda altos costos.

IV. MARCO DE SELECCIÓN DE SIG

Este trabajo plantea un Marco de Asistencia para la Selección de Soluciones SIG (MASSIG), con el fin de facilitar el proceso de toma de decisión en la elección de una solución

SIG a implementar en una organización. Los SIG son el componente principal del marco, es el software encargado de procesar la información geográfica y presentarla al usuario en la interfaz gráfica o almacenarla en la base de datos espacial.

Desde la Open Geospatial Consortium (OGC)[6], se escogieron los SIG de licencia propietaria, y de la Open Source Geospatial Foundation (OSGeo)[6], se seleccionaron los SIG de licencia libre. Los SIG que fueron seleccionados para esta metodología están detallados en la Tabla I.

TABLE I. SIGS CONSIDERADOS PARA APLICAR MASSIG

SIG	Licencia	Desarrollador	Usuarios Destacados
ArcGIS 10.2.2	Propietaria	ESRI [7]	IDE Chile, Movistar.
AutoCAD Map 3D 2015	Propietaria	AutoDesk [8][17]	GDF Suez Energy (Rumania), TEPSCO (Japón).
Bentley Map V8i	Propietaria	Bentley Systems [9]	Bechtel, Hatch, Ministerio de Hacienda de Holanda.
Db Map 3D 2.5	Propietaria	Abaco [10]	Tutto Citta (Italia), EUROSTAT (Luxemburgo).
Geomedia Pro 13.1	Propietaria	Intergraph [11]	Universidad Estatal de San Diego, Centro de Investigación de Microbiología Aplicada y Biotecnología de Rusia.
Grass GIS 6.4	Libre	USA CERL [12]	NASA, NOAA, U.S. Census Bureau.
gvSIG 2.0	Libre	Asociación gvSIG [13]	Registro de la Propiedad de España, Instituto Científico del Pacífico (Perú).
Kosmo 3.0	Libre	SAIG [14]	Junta de Andalucía, ACT, Novasoft.
OpenJUMP 1.7	Libre	Vivid Solutions [15]	Universidad de Zurich, Institute Geographique National (Francia), Departamento de Ingeniería Civil (Erfurt, Alemania)
Quantum GIS 2.2	Libre	OSGeo [16]	Instituto de Investigación para la Protección Geo-Hidrológica, Municipalidad de Montechio Maggiore (Italia).

Para entregar un soporte a estas herramientas SIG permitiendo el almacenamiento, indexación, consulta y manipulación de datos espaciales se han considerado en este marco cuatro bases de datos espaciales (BDE), dos de licencia propietaria (Spatial SQL Server 2008 y Spatial Oracle 11g R2) y dos de licencia libre (PostGIS 2.0 y MySQL GIS 5).

El MASSIG tiene como objetivo dar las alternativas de Soluciones SIG que se ajustan a las necesidades y presupuesto de la organización. Para la aplicación del MASSIG la organización debe haber tomado la decisión de implementar una Solución SIG, así mismo, se considera que la organización sabe cuántos usuarios tendrá y cuál es el presupuesto máximo a invertir en la Solución SIG.

Para esto, el MASSIG se ha estructurado en dos factores que analizan la Viabilidad Técnica: Factor Organizacional y Factor Tecnológico; y en un factor que analiza la Viabilidad Económica: Factor Recursos.

A. Viabilidad Técnica

1) *Factor Organizacional*: El factor Organizacional del marco se refiere al tipo de organización que usará la Solución SIG y considera el plazo de tiempo que la organización desea contar con la Solución SIG. Los componentes del factor Organizacional son: Tipo de Organización y Duración de la Solución SIG.

- Tipo de Organización:
 - Académica/Investigación: la solución SIG es utilizada para fines académicos o de investigación científica por universidades o centros de investigación. Estas entidades cuentan con un presupuesto limitado o casi nulo para invertir en software licenciado.
 - Privada: la Solución SIG está siendo evaluada por una persona natural o por una PYME para su implementación y de esta forma resolver sus problemáticas o prestar servicios geoespaciales. Estas organizaciones cuentan con presupuestos acotados para la inversión en software.
 - Institucional: la solución SIG está siendo evaluada por grandes empresas, entidades gubernamentales, organizaciones sin fines de lucro, empresas multinacionales, es decir, en una organización a nivel nacional o global. Estas organizaciones cuentan con grandes presupuestos para la inversión en software.

La duración de la Solución SIG es una variable a considerar, debido al alto costo que significa implantar la Solución SIG. Por esta razón los actores deben tener claro si la incorporación de la Solución SIG es por un plazo fijo o si es permanente.

2) *Factor Tecnológico*: El factor tecnológico depende de las tecnologías que estén presentes en la organización y de las tecnologías que la Solución SIG soportará para resolver sus problemáticas. El factor tecnológico de la metodología se divide en tres componentes: Plataforma, Hardware y Funciones.

La Plataforma es la arquitectura de hardware presente en la organización y en la que funcionará la Solución SIG.

- Plataforma:
 - Cliente/Servidor: esta plataforma considera en la arquitectura el servidor SIG, los clientes de escritorio y los clientes web. El cliente web es incorporado porque todos los SIG en estudio entregan la función de publicar los mapas por Internet, debido a los estándares del OGC [6] que soportan. Estos clientes utilizan la plataforma para crear, editar, administrar, analizar y visualizar los datos geográficos.
 - Cliente/Servidor + Móvil: Esta plataforma permite adicionalmente a lo anterior, la visualización de datos y acceder a funcionalidades de análisis y consulta a los

servidores SIG a través de Internet o intranet mediante dispositivos móviles.

- Cliente Cloud: la empresa desarrolladora del SIG presta servicios en línea, donde el usuario por el pago de una tarifa mensual o anual, puede hacer uso de todas las funciones del SIG, sin necesidad de invertir en hardware ni licencias.
- Hardware: Para definir el hardware necesario se han definido dos tipos de arquitecturas de servidores y dos tipos de servidores.
 - Arquitectura de Nivel Mínimo: es útil para organizaciones que administran bajos volúmenes de información almacenados en su propia infraestructura.
 - Arquitectura de Nivel Alta: sistema que administra su propia información y publica información de toda la institución a nivel nacional o global.
 - Servidor de Aplicaciones: este servidor alojará el servidor del SIG a seleccionar.
 - Servidor de Bases de Datos: este servidor alojará la BDE compatible con el SIG a seleccionar.
- Funciones: La componente Funciones del Factor Tecnológico hace referencia a las funcionalidades que desea la organización que le de soporte la Solución SIG.
 - Localización: Con un SIG se puede determinar que existe en un sitio en particular. Para ello se deben especificar las condiciones. Esta función debe responder la cuestión ¿Qué hay en...?
 - Consultas espaciales: el cumplimiento o no de unas condiciones impuestas al sistema. Esta función debe responder la cuestión ¿Dónde sucede que...?
 - Tendencia: comparación entre situaciones temporales o espaciales distintas de alguna característica. Esta función debe responder la cuestión ¿Qué ha cambiado...?
 - Rutas óptimas: cálculo de rutas óptimas entre dos o más puntos. Esta función debe responder la cuestión ¿Cuál es el camino óptimo...?
 - Patrones: detección de patrones espaciales. Esta función debe responder la cuestión ¿Qué patrones existen...?
 - Modelos: generación de modelos a partir de fenómenos o actuaciones simuladas. Esta función debe responder la cuestión ¿Qué ocurriría si...?
 - Capacidad 3D: capacidad avanzada con funcionalidad de gestionar conjuntos de datos complejos tal y como se perciben en el mundo real por el usuario.

La componente Funciones del factor tecnológico de la metodología se han agrupado en dos configuraciones posibles:

- i. Funciones Básicas: la organización desea que la Solución SIG incorpore como mínimo las 4 primeras funciones.
- ii. Funciones Básicas + 3D: la organización desea que la Solución SIG incorpore las funciones básicas y además incorpore la capacidad 3D.

En la Tabla II se resume la viabilidad técnica de las Soluciones SIG.

TABLE II. VIABILIDAD TÉCNICA DE LAS SOLUCIONES SIG

SIG	BDE	PLAT	FUNC	ACAD/INVEST		PRIVADA		INSTITUCIONAL	
				FIJO	PERMT	FIJO	PERMT	FIJO	PERMT
ArcGIS 10.2.2	SQL Server	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	Oracle	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	PostGIS	C/S	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	*	✓	*	✓
No Requiere	Cloud	Básicas/ Bás+3D	*	*	✓	✓	*	✓	
AutoCAD Map 3D 2015	SQL Server	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	Oracle	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	PostGIS	C/S	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	*	✓	*	✓
	MySQL	C/S	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas	✓	✓	*	✓	*	✓
No Requiere	Cloud	Básicas/ Bás+3D	*	*	✓	✓	*	✓	
Bentley V8i	SQL Server	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	Oracle	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
Db Map 3D 2.5	Oracle	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	PostGIS	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	MySQL	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas	*	*	*	✓	*	✓
Geomedia Pro 13.1	SQL Server	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	Oracle	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
gvSIG 2.0	SQL Server	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	Oracle	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	PostGIS	C/S	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		C/S+M	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	✓	✓	✓	✓
MySQL	C/S	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	C/S+M	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Grass GIS 6.4	SQL Server	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	Oracle	C/S	Básicas/ Bás+3D	*	*	*	✓	*	✓
	PostGIS	C/S	Básicas/ Bás+3D	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MySQL	C/S	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kosmo 3.0	Oracle	C/S	Básicas	*	*	*	✓	*	✓
		C/S+M	Básicas	*	*	*	✓	*	✓
	PostGIS	C/S	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		C/S+M	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MySQL	C/S	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		C/S+M	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Open JUMP 1.7	Oracle	C/S	Básicas	*	*	*	✓	*	✓
	PostGIS	C/S	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MySQL	C/S	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Quantum GIS 2.2	PostGIS	C/S	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		C/S+M	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	MySQL	C/S	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		C/S+M	Básicas	✓	✓	✓	✓	✓	✓

B. Viabilidad Económica

1) *Factor Humano*: El factor Recursos evalúa el costo total de la Solución SIG, siendo conocidos el capital máximo a invertir que tiene la organización para la compra de la Solución SIG y el recurso humano que se involucra con la Solución SIG.

- Licencia del SIG: costo de la licencia por servidor del SIG, excepto en la plataforma Cloud que el costo tabulado representa el valor de la suscripción anual al SIG online (ver Tabla III).
- Licencia de la BDE: costo de la licencia por servidor de la BDE (ver Tabla IV).
- Costo de entrenamiento: resulta de la multiplicación del costo individual de entrenamiento tabulado en la Tabla III por el número de usuarios que utilizará la Solución SIG en la organización.
- Costo del hardware: costo de los servidores necesarios para la implementación de la Solución SIG (ver Tabla V).

TABLE III. COSTO DE ENTRENAMIENTO Y LICENCIAS DE SIG POR SERVIDOR SEGÚN PLATAFORMA

SIG	Costo Entrenamiento	Costo Licencias		
		Cliente/Servidor	C/S + Móvil	Cloud
ArcGIS 10.2.2	USD\$ 682	USD\$ 19.714	USD\$ 20.414	USD\$ 2.500
AutoCAD Map 3D 2015	USD\$ 1.123	USD\$ 16.678	USD\$ 16.678	USD\$ 3.279
Bentley Map V8i	\$0 (tutorial y videos en línea)	USD\$ 28.900	USD\$ 29.900	No Aplica
DB Map 3D 2.5	USD\$ 2.141	USD\$ 37.734	USD\$ 38.008	No Aplica
Geomedia Pro 13.1	USD\$ 850	USD\$ 10.087	USD\$ 11.325	No Aplica
Grass GIS 6.4	\$0 (Manuales, foros)	\$0	No Aplica	No Aplica
gvSIG 2.0	\$0 (Manuales, foros)	\$0	\$0	No Aplica
Kosmo 3.0	\$0 (Manuales, foros)	\$0	\$0	No Aplica
OpenJUMP 1.7	\$0 (Manuales, foros)	\$0	No Aplica	No Aplica
Quantum GIS 2.2	\$0 (Manuales, foros)	\$0	\$0	No Aplica

TABLE IV. COSTOS DE LAS ARQUITECTURAS DE HARDWARE APLICABLES A CADA TIPO DE ORGANIZACIÓN

Base de Datos	Licencia	Costo Licencia
Spatial SQL Server 2008	Propietaria	USD\$ 44.643
Spatial Oracle 11g R2	Propietaria	USD\$ 64.286
PostGIS 2.0	Libre	\$0
MySQL GIS 5	Libre	\$0

TABLE V. COSTO LICENCIA POR SERVIDOR DE LAS BASES DE DATOS ESPACIALES

Tipo de Organización	Arquitectura de Hardware	
	Nivel Mínimo	Nivel Alto
Académica/Investigación	USD\$ 12.187	No Aplica
Privada	USD\$ 12.187	No Aplica
Institucional	No Aplica	USD\$ 24.374

En la Tabla V, la Arquitectura de Nivel Alto respecto a la Arquitectura de Nivel Mínimo, duplica el valor del hardware por requerir el doble de servidores. Esto también incide en el momento de costear una Solución SIG, debido a que duplica el coste de las licencias del SIG y de la BDE que conforman la Solución SIG, porque el valor de la licencia está valorada por servidor (Tablas III y IV).

V. APLICACIÓN DE MASSIG

A. Método de Aplicación

Para aplicar el MASSIG la organización debe tener decidido implementar la Solución SIG debiendo definir los atributos de los componentes de los tres factores: Organizacional, Tecnológico y Recursos, que componen el Marco.

La etapa de selección de la MASSIG se realiza mediante dos análisis: el técnico, empleando para ello la Tabla II; y el económico, utilizando las Tablas III, IV y V.

Una vez aplicado el MASSIG la organización puede obtener un listado de Soluciones SIG que cumplen con los atributos ingresados. Si el resultado es nulo, se puede evaluar la recomendación “Desarrollar a la medida la aplicación”.

B. Estudio de Caso

Un ingeniero está realizando un estudio de mercado para una empresa y desea referenciar, geográficamente, la demanda de un producto. Desea ocupar una Solución SIG que le de movilidad. No tiene dinero para invertir en hardware ni licencias. Tiene un ítem de gastos que no puede superar USD\$5.000.

La selección se explica en los siguientes pasos:

1° Se definen los atributos del MASSIG correspondientes al caso en la Tabla VI.

TABLE VI. ATRIBUTOS DE LA ORGANIZACIÓN

Factor	Componente	Atributos	Justificación
Organizacional	Tipo de Organización	Privada	Por ser una persona natural
	Duración de Solución SIG	Plazo Fijo	La Solución SIG será ocupada hasta finalizar el estudio de mercado
Tecnológico	Plataforma	Cloud	Se requiere movilidad.
	Hardware	No Requiere Hardware	No tiene dinero para invertir en hardware ni licencias
	Funciones	Funciones Básicas	Requerimiento del estudio
Recursos	Recurso Humano	Número de Usuarios: 1	Sólo el ingeniero participa en el estudio
	Capital	Monto Máximo a Invertir: USD\$5.000	Presupuesto definido para el estudio

2º Al ser una Solución SIG que funciona bajo plataforma Cloud, no requiere de BDE ni Hardware. En la Tabla VII se resumen las Soluciones SIG después del análisis técnico.

TABLE VII. SOLUCIONES SIG VIABLES TÉCNICAMENTE DEL CASO

SIG	Plataforma	Funciones	Privada
			Plazo Fijo
ArcGIS10.2.2	Cloud	Básicas	✓
AutoCAD Map 3D 2015			✓

TABLE VIII. COSTEO DE LAS SOLUCIONES SIG EN EL ESTUDIO DE CASO

SOLUCIÓN SIG				COSTO DE IMPLEMENTACIÓN				
SIG	LICENCIA SIG	BDE	LICENCIA BDE	COSTO SIG	COSTO BDE	COSTO ENTRENAMIENTO	COSTO HARDWARE	INVERSIÓN
ArcGIS	Propietaria	No Requiere	No Aplica	USD\$2.500	--	USD\$682	--	USD\$3.182
AutoCAD	Propietaria	No Requiere	No Aplica	USD\$3.279	--	USD\$1.123	--	USD\$4.402

VI. CONCLUSIONES

El Marco de Selección de Soluciones SIG (MASSIG) fue desarrollado para el apoyo en la toma de decisiones de adquisición de una Solución SIG para empresas con un determinado contexto. Esta estructura nos permite documentar la necesidad y recopilar la información necesaria de cada Solución SIG, conocer a los proveedores y tomar la decisión final para negociar con el proveedor.

A pesar de que el Marco se acotó a 10 Sistemas de Información Geográfica (SIG) y 4 Bases de Datos Espaciales (BDE), sus combinaciones generaron varias posibles soluciones SIG para el usuario. Las soluciones tienen un costo total que va desde USD\$0 hasta inclusive superar los USD\$100.000 de inversión dependiendo del número de personas a capacitar y del tipo de organización interesada en una Solución SIG.

De esta forma, cada resultado entrega un estimado de los costos que debe asumir el usuario y que a la vez se ajustan a su presupuesto (viabilidad económica). Si hay más de una Solución SIG posible, deberá basar su decisión en los ámbitos económicos y técnicos con los que cuente su organización.

Como resultado de este trabajo, es posible concluir que el precio de un SIG o de una BDE no lo faculta a ser la mejor opción, ya que existen SIG y BDE libres que equiparan en características a los SIG y BDE propietarios, siendo un material indispensable para docentes y estudiantes, cuando no se posean recursos económicos para costear el licenciamiento de SIG y BDE propietarios.

Autores pretenden desarrollar un software basado en este marco para permitir la actualización de la información de estos SIGs y la incorporación de futuros SIGs para simplificar la aplicación de este método en organizaciones.

3º Se procede a costear cada una de las Soluciones SIG candidatas. En la Tabla VIII se presenta el coste de las Soluciones SIG.

4º Respecto al presupuesto de USD\$5.000, ambas Soluciones SIG cumplen con el monto máximo a invertir.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. De Mers, *Fundamentals of geographic informations systems*. Editorial Jhon Wiley & Sons, 1997.
- [2] Carto Virtual, "Introducción a las TIG". <http://www.cartovirtual.es/aprendizaje/cursoTIG/index.html>. 2014
- [3] C. E. Woodcock, C. Sham and B. Shaw, "Comments on Selecting a Geographic Information System for Environmental Management," *Environmental Management Journal*, Vol. 14, Issue 3, pp 307-315. 1990.
- [4] K. Eldrandaly and S. Naguib, "A Knowledge-Based System for GIS Software Selection," *The International Arab Journal of Information Technology*, Vol. 10, No. 2, pp. 152-159, march 2013.
- [5] S. Steinger and E. Bocher, "An Overview on current Free and Open Source Desktop GIS Developments," *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 23, Issue 10, pp.1345-1370, 2009.
- [6] OGC, "Estandarización de las TIG", <http://www.opengeospatial.org>. 2014.
- [7] Esri, "ArcGIS", <http://www.esri.com>, <http://www.esri.cl>. Fecha de Consulta: 2014.
- [8] Autodesk, "AutoCAD Map", <http://www.autodesk.com>. Fecha de Consulta: 2014.
- [9] Bentley Systems, "Bentley GIS", <http://www.bentley.com>. Fecha de Consulta: 2014.
- [10] Abaco Group, "DbMap", <http://www.abacogroup.eu>. Fecha de Consulta: 2014.
- [11] Intergraph, "Geomedia", <http://www.intergraph.com>. Fecha de Consulta: 2014.
- [12] OSGeo, "Grass GIS", <http://grass.osgeo.org>. Fecha de Consulta: 2014.
- [13] Asociación gvSIG, "gvSIG", <http://www.gvsig.org>. Fecha de Consulta: 2014.
- [14] SAIG, "Kosmo", <http://www.openjump.org>. Fecha de Consulta: 2014.
- [15] Vivid Solutions, "Open JUMP", <http://www.openjump.org>. Fecha de Consulta: 2014.
- [16] OSGeo, "QGIS", <http://www.qgis.org>. Fecha de Consulta: 2014.
- [17] Imagin IT, "AutoCAD Map training", <http://www.imaginit.com>. Fecha de Consulta: 2014.

A Mental Model Approach for Category Hierarchy Maintenance on Sellers' Self-input Items in E-commerce Websites

Peng Wu

School of Economics and Management
Nanjing University of Science & Technology
Nanjing, China
Wupeng @njjust.edu.cn

Daqing He

School of Information Sciences
University of Pittsburgh
Pittsburgh, USA
Gaorenhe@gmail.com

Jiang Song

School of Economics and Management
Nanjing University of Science & Technology
Nanjing, China
897496551@qq.com

Abstract —This paper proposes a mental model approach to support category hierarchy maintenance on sellers' self-input items in e-commerce websites. We conduct co-occurrence analysis between sellers' self-input items and existing website category items, and use Hierarchical Clustering Analysis to explore hierarchical structure and the association relationships hidden among these subjects. At last, we draw on Multidimensional Scaling to visualize and validate the results of Hierarchical Clustering Analysis. So the corresponding positions of different sellers' self-input items in the existing category hierarchy can be determined. An empirical study has also been undertaken with the log data of one Chinese e-commerce website. The achievements of this paper can be applied to determine the most proper category hierarchy or recommend the top N categories for sellers' consideration when they list items on e-commerce websites.

Keywords - *Category Hierarchy Maintenance; Mental Model; Co-occurrence Analysis; Hierarchical Clustering Analysis; Multidimensional Scaling.*

I. INTRODUCTION

To allow the online sellers list the product items on the website is a popular method of many e-commerce websites (e.g. eBay of USA, Alibaba and Made-in-China of China). With e-commerce has grown at an astonishing rate in past ten years, one task that extremely challenging for e-commerce websites is to automatically put sellers' self-input items into categories in real time, such as a online seller input an item "Basketball-NBA" into a category "Sport Shoes". To manage items effectively and help buyers find these items easily, e-commerce websites need to organize them into fine-grained categories structured as a category hierarchy. Item categorization will impact the exposure chances of items through either searching or browsing, and further influence the purchase probabilities as well as users' experiences [1].

Category hierarchy maintenance, a task to modify the hierarchy to make it better reflect the topics of its documents, which in turn would improve the classification accuracy [2]. In the process of category hierarchy maintenance of sellers' self-input items, there are two problems need to be resolved as following [1]:

- Noisy text descriptions of sellers' self-input items, when sellers list an item on an e-commerce website, he is asked to write a title to briefly describe the item, some sellers may give inaccurate of fraud titles, which makes the data set for categorization is quite noisy. So, how to deal with the noisy text descriptions of sellers' self-input items according their requirements is really a challenge.
- Scalability and efficiency, there are large amount of sellers' self-input items every day and large amount of leaf category nodes on an e-commerce website (e.g., there are more than 6,872 sellers' self-input items of the "Lights&Lighting" products on an Chinese e-commerce website www.made-in-china.com in one week, and number of all the category nodes of "Lights&Lighting" on this website is 56). So, how to distinguish relatives between sellers' self-input items and existing category hierarchy in real time becomes an imperative task for the e-commerce websites.

Current studies of category hierarchy maintenance mainly focused on the system design view, such as the view of Content Analysis [3, 4], Data-driven method [2], and Algorithm-driven method [1, 5, 6]. However, overall there is still a lack of studies on users' inner motivation and cognition, which makes it difficult to predict users' behavior [7].

According to the interaction design theory proposed by Norman [8], the more similar the system model (e.g., category hierarchy) of a website is to the users' mental models, the easier it will be for the users to understand the website's structure and to obtain desired information. Jonassen [9] suggested that knowledge structure, which refers to an individual conceptual structure of knowledge in a specific field, could be utilized to describe mental models.

In the studies on knowledge structure, "similarity" and "spatiality" are usually used to describe mental model [10]. The concept of "similarity" refers to the relevance or close subjective assessment among different concepts, and "spatiality" refers to the mental space of different subjects' concepts [11].

Hierarchical Clustering Analysis (HCA) and Multidimensional Scaling (MDS) are two principal methods for measuring the knowledge structure, HCA can show better “similarity” of different concepts, which can express not only the hierarchical structure and also the association relationships hidden in the multiple hierarchical datasets [12]. MDS displays measures the relationship among objects via low dimensional space, reflects the similarity among objects through flat space distance and describes the “spatiality” among concepts [13]. Previous research has found that applying MDS and clustering separately to the same proximity data results in greater insight into the structure underlying the data and can detect more subtle and complex relationships than either method used alone [14]. The two approaches were synthesized in a visual context by highlighting the results of the HCA in the visual MDS configuration [15]. So the combination of these two methods can be used in mutual verification of classification; MDS also realizes visual demonstration to the clustered results [16]. Especially, Co-occurrence Analysis (CoA) is particularly helpful for suggesting new items based on the existing items of a website, so semantically related concepts could be found by looking for groups of items that frequently co-occur based on similarity measure in the process of HCA [17]. In the MDS analysis, the greater the cutoff values for the focus keyword co-occurrence is, the better the corresponding MDS analysis results were in terms of the stress value [15]. So the co-occurrence matrix usually served as the input for the HCA and MDS.

In this paper, we propose a mental model approach of the e-commerce website category hierarchy maintenance on sellers’ self-input items based on the association study of the CoA, CA and MDS methods. We do Co-occurrence Analysis between the sellers’ self-input items and existing e-commerce website category nodes, and use HCA to explore hierarchical structure and the association relationships hidden among these subjects. At last, we draw on MDS to visualize the results of the CoA and validate the results of HCA. So the corresponding positions of different sellers’ self-input items in the users’ mental models of expected category hierarchy can be determined. An empirical study has also been undertaken in this paper with the log data of one Chinese B2B website www.made-in-china.com.

The main contribution is that we propose a novel mental model approach to maintenance an e-commerce website category hierarchy making it better reflect the sellers’ self-input items. The proposed approach exploits the relatives of the sellers’ self-input items and existing category items based on users’ mental models, to guide the modification of the given hierarchy and attract more users to use the website.

The rest of this paper is organized as follows. We describe the proposed method and three algorithms are detailed in Section 2. The experimental evaluation and discussion of the results are presented in Section 3. Finally, we conclude this paper in Section 4.

II. METHOD

Relevant research on CoA, HCA and MDS has already been carried out in many fields. For instance, Chung, Chen [18] proposed a visual framework for knowledge discovery on the web, which draw upon CoA and HCA to organize websites into a tree format, and used MDS to visualizing the knowledge map of websites. Zhang, Wolfram [15] studied the information-seeking behavior of Internet searchers on the most popular sports-related topics entered by users to identify appropriate search keywords, which draw upon the CoA to identify the meaningful relationships among the keywords, and applied the MDS and HCA to identify groups of related keywords. Tsui, Wang [14] employed CoA to explore the relationships among different information technologies topics, and drew upon HCA and MDS to find the similarities of the technology topics and classified similar technology topics into meaningful categories. Milojević, Sugimoto [17] comprised a suite of analyses of words in article titles in order to reveal the cognitive structure of Library and Information Science (LIS), which drew upon CoA and HCA to determine the clusters of closely related terms, and used MDS to identify and visualize patterns in the underlying cognitive structure.

Starting from the basis of mental model theory, this paper aims to combine CoA, HCA, and MDS to construct a method (Figure 1) for measuring concepts “similarity” and “spatiality” between the sellers’ self-input items and e-commerce website category items.

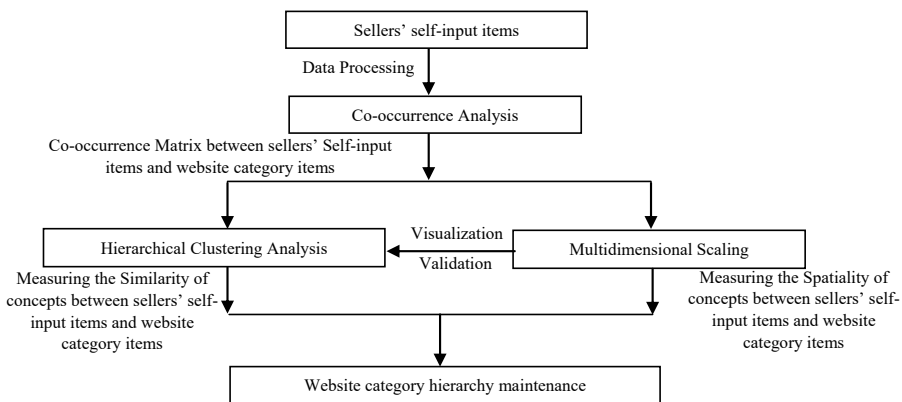


Figure 1. The framework of website category hierarchy maintenance on Sellers' self-input items

Firstly, Sellers' self-input items are processed in the item filtering step, which filters them on domain pertinence, lexical cohesion, and domain consensus. The result items are stored in concepts, which are used in the category hierarchy maintenance process. Secondly, we adopted Co-occurrence Analysis to calculate the co-occurrence frequency of each user's self-input item and existing category node. Thirdly, the sellers' self-input items and those existing category nodes can be hierarchically arranged in the concept hierarchy creation step using Hierarchical Clustering Analysis, and then we use MDS to analyze and visualize concepts spatiality of sellers' expected category hierarchy. At last, we can extract category hierarchy of the users' mental models so as to guide optimizing of the website category hierarchy.

A. Co-occurrence Analysis

Hsu, Hsieh [19] indicated that the frequent co-occurring word sequence between users' search queries and the social annotations of the websites can be identified by utilizing a constant threshold to filter infrequent co-occurred pairs, and the number of submitted queries and clicked URLs occurring in search logs are usually in power-law distribution [20, 21]. Therefore, setting the threshold value according to the distributions of the sellers' self-input items for each category node would be more reasonable than setting a global constant value. Hence, the frequent co-occurrence of the sellers' self-input items should be identified for each category item. Let denote C is the set of the e-commerce website category nodes, c is an element of $C, c \in C$. The user's self-input items in $U^{(c)}$ are sorted based on frequencies, with the normalized weights $weight^{c,u_i}$:

$$\forall c \in U^c, weight^{c,u_i} = \frac{no^{c,u_i}}{\max_{u_j \in U^c} no^{c,u_j}} \quad (1)$$

Where no^{c,u_i} represents the number of occurrence of the one of the sellers' self-input item u_i for the category item c . According the study of the Hsu, Hsieh [19], the value of the threshold u_c is set as the weight that achieves the maximum differences between its successively sorted items, with the weight higher than the threshold, the item could be one of frequent co-occurrence items to a category item c . The threshold u_c is obtained by the following formula:

$$u_c = weight^{c,u_i}, \text{ where} \quad (2)$$

$$u_c = \arg \max_{u_j \in U^c} (weight^{c,u_i} - weight^{c,u_{i+1}})$$

Therefore, the set of frequent co-occurrence items U of website category items C can be denoted as U_{fre}^c , where $weight^{c,u} > u_c$.

B. Hierarchical Clustering Analysis

Hierarchical Clustering Analysis (HCA) is used as beginning with all filtered sellers' self-input items and website category nodes are treated as separate clusters, and the nearest clusters judging by distance are progressively combined until one cluster remains that comprises all terms. Referred from the previous research of HCA [22-25], we can describe the algorithm as follows:

- Step1, Start with n clusters the results of the Co-occurrence Analysis,
- Step2, Compute the distances between clusters,
- Step3, Merge the two nearest clusters into one cluster. Return to step 2 if more than one cluster remains; otherwise, the algorithm has finished.

C. Multidimensional Scaling

The co-occurrence frequency matrix of different category nodes and sellers' self-input items was analyzed as an input for MDS analysis. Spatial configurations were generated by SAS to determine the dimensions used by each category. The configurations which produced the best value of the Stress were visually examined to determine the extent of clustering and interpretation of the dimensions by each group.

Let $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ be the set of objects of website category nodes and Sellers' self-input items, and $W_n = (w_{n1}, w_{n2}, \dots, w_{nn})$ represents the object O_n in the underlying M-dimensional target space, $n = 1, \dots, N$. Attribute vectors (co-occurrence frequency among category items and Sellers' self-input items) $a_p = (a_{p1}, a_{p2}, \dots, a_{pp})$. For property $p, p = 1, \dots, P$, one can construct property vectors $c_p = (c_{p1}, c_{p2}, \dots, c_{pM})$ in the M-dimensional space so that the projections among different categories is:

$$\widehat{a}_{np} = \sum_{i=1}^M c_{pi} w_{pi} \quad (3)$$

Where W_n onto c_p approximate the actual attribute values of the objects as good as possible with respect to the least squares criterion.

$$\sum_{i=1}^n (\widehat{a}_{np} - a_{np})^2 \quad (4)$$

Vector notation leads to $c_p = (W'W)^{-1}W'a_p$ with $W = (w_{nm})$. Concept distance of different website category items and users' input items can be measured by the correlation coefficients between \widehat{a}_{np} and a_{np} . For the details on how to perform the MDS analyses, see references [26].

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Experiment Setting

The basic Naïve Bayes model is trained on a sample of sold items on the “Lights&Lighting” category of www.made-in-china.com for one week (20, May, 2014–27, May, 2014). We assume that sellers’ self-input items which were successfully sold have been placed in right categories by sellers. So we directly use the sold items with their existing items of categories as ground truth. Although the assumption is not true for all the cases, it greatly releases the cost of human labeling and serves as a good approximation. In data preprocessing step, titles are first tokenized, and then numbers, punctuations and stop words are removed. Our training set had 6,872 different valid sellers’ self-input items. We regard the unigram of words within sellers’ self-input items as features and conduct feature selection based on document frequency measure (DF) as described in [27]. Finally, there were about 114 features in the model.

TABLE 1. SAMPLE OF THE CO-OCCURRENCE MATRIX BETWEEN THE LEAF LEVEL CATEGORY NODES AND SELLERS’ SELF-INPUT ITEMS

	Interior lighting	Led lighting	Lighting fixtures	Bulb lamp	Lighting decoration	Outdoor lighting
Interior lighting		14441	6587	11403	10697	14640
Led lighting	14441		6643	12204	11108	17255
Lighting fixtures	6587	6643		6467	5836	6620
Bulb lamp	11403	12204	6467		9433	12498
Lighting decoration	10697	11108	5836	9433		11189
Outdoor lighting	14640	17255	6620	12498	11189	

TABLE 2. SAMPLE OF THE SIMILARITY MATRIX BETWEEN THE LEAF LEVEL CATEGORY NODES AND SELLERS’ SELF-INPUT ITEMS

	Interior lighting	Led lighting	Lighting fixtures	Bulb lamp	Lighting decoration	Outdoor lighting
Interior lighting	1	0.99771	0.98006	0.998	0.99697	0.997
Led lighting	0.99771	1	0.9732	0.99427	0.99263	0.9995
Lighting fixtures	0.98006	0.9732	1	0.98725	0.98989	0.97323
Bulb lamp	0.998	0.99427	0.98725	1	0.99883	0.9929
Lighting decoration	0.99697	0.99263	0.98989	0.99883	1	0.99202
Outdoor lighting	0.997	0.9995	0.97323	0.9929	0.99202	1

C. Hierarchy Clustering Analysis

We implemented several measures to define the distances between clusters: single linkage, complete linkage, ward linkage, and average linkage. The Ward methods achieved considerably higher precision levels with the sample data due to the chaining effect performance [28], so Ward method [29] was used to carry out Hierarchy Clustering Analysis in this paper. A hierarchical structure of 45 leaf level category nodes and 114 sellers’ self-input items was generated in a dendrogram from the similarity matrix (Figure 1), where horizontal lines show joined clusters and the position of the lines on the scale from 1 to 25 indicates the distance at which clusters are merged. By inspecting the dendrogram, we have identified five clusters between the 45 second level category hierarchy nodes and 114 sellers’ self-input items, all of which merged around 5 in the 25-point scale. These five clusters are indicated by the intersections between the dendrogram and the

The “Lights&Lighting” category structure of www.made-in-china.com we studied is a 3-level-deep topic hierarchy, where there are 17 second-level nodes, and about 45 bottom-level nodes, called leaf categories. Our task is to categorize sellers’ self-input items into leaf nodes.

B. Co-occurrence Analysis

We carried out the co-occurrence analysis referred the algorithm in section 2, and we constructed a co-occurrence matrix with each row or column, which the rows and columns represent an existing website leaf level category nodes or an online seller’s self-input item. The value in each cell of the matrix represents the number of paragraphs containing the respective pair of each of category item and seller’s self-input item. This co-occurrence matrix is shown in Table 1. In order to perform subsequent classification and visualization that are based on similarity measures, we transformed the co-occurrence matrix to a similarity matrix (Table 2).

vertical dotted line in Figure 1. Table 3 summarizes the membership of each cluster.

Generally speaking, cluster 2 and cluster 3 involve both the existing leaf level category nodes and sellers’ self-input items, which the existing category leaf level node “tiffany lamp (No. 31)” is the highest similar to the Sellers’ self-input items in cluster 2, and existing category node “light stocks (No. 33)” is the highest similar to the sellers’ self-input items in cluster 3, so we can suggest to merge these online sellers’ self-input items into these leaf level category nodes in the same second level category nodes in the furthering analysis. However, cluster 1 only involves existing leaf level category nodes; Cluster 4 and cluster 5 only involve the sellers’ self-input items, which suggest that the sellers’ self-input items are no similar to the existing leaf level category nodes, so new leaf level category nodes are need to be constructed.

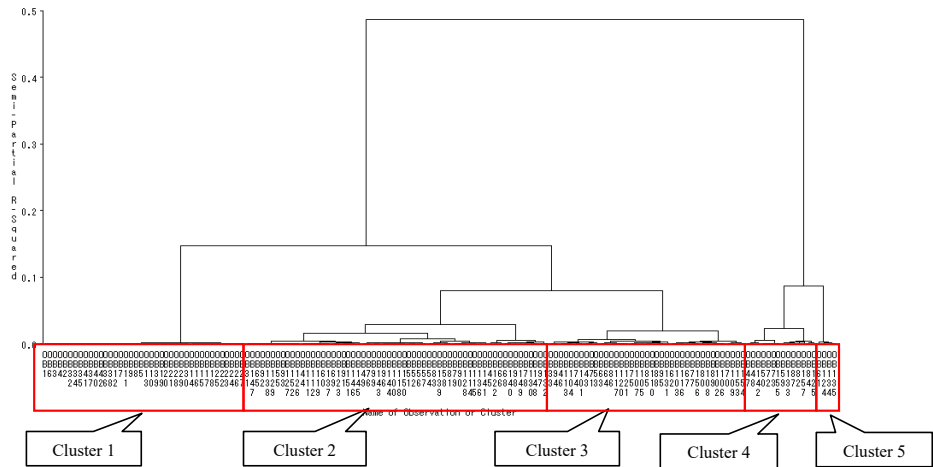


Figure 2. Dendrogram generated from Hierarchical Clustering Analysis

Table 3. The results of Hierarchy Clustering Analysis

1	Cluster 1	31	Cluster 2	81	led plug light	110	led tree light
6	ceiling light	147	tiffany lamp	79	led par light	88	solar panel
3	wall light	65	led bulb	90	strobe light	95	led effect light
4	other indoor	92	led lamp	128	emergency light	131	crystal lamp
2	fendant light	138	wall lamp	115	led underground light	62	high bay led light
32	floor Lamp	129	high power led	114	led underground lamp	103	led grille light
34	rope light	55	energy saving lamp	136	halogen bulb	116	led underwater lamp
35	other lights	93	led street light	141	induction lamp	67	led lawn light
41	flood light	127	led down light	45	led reading lamp	77	led par can
37	street light	152	down light	122	led warehouse light	156	led desk lamp
40	other outdoor light	126	led ceiling light	66	led lamp cup	80	led pendant light
42	spotlight	44	ceiling lamp	68	led light bar	108	led track lamp
36	underwater light	112	led power supply	140	high power led spotlight	89	solar street light
38	garden light	111	led tube	98	led flexible strip light	102	led grid light
12	lawn light	119	led tube light	149	led candle light	106	led in ground light
7	other led light	60	led wall light	78	led par lamp	70	led mining light
11	led bulb	137	electronic ballast	130	dimmable led light	109	led track light
9	led light	69	halogen lamp	148	led cabinet light	154	led dance floor
8	led flashlight	123	led light bulb	97	led flexible strip	153	led corn light
5	led display	91	led work light	132	flexible led strip		Cluster 4
13	table light	151	table lamp		Cluster 3	48	led rigid strip
10	light box	145	led ceiling lamp	33	light stocks	47	led rigid bar
39	led head lamp	146	led bulb light	94	led driver	142	laser light
19	solar light	49	led bulb lamp	46	led recessed light	50	led smd spotlight
20	compact bulb	76	led rope light	113	led tunnel light	73	led moving head light
21	fluorescent light	99	led panel light	104	led grow light	72	led moving head
28	halogen light	143	led floodlight	74	led panel	155	led daytime running light
29	lantern	96	led bar	101	led garden light	59	led aquarium light
30	metal light	144	led emergency light	43	renewable energy	133	follow spot light
14	other decorative lights	100	led bar light	71	led module	87	solar led street light
16	ballast	118	led fluorescent tube	53	led stage light	82	moving head light
15	lamp shade	150	led wall lamp	64	led high bay light	157	led dimmer
17	lamp base	51	led car light	63	led high bay	84	solar flashlight
18	light bracket	52	led spot lamp	86	solar lawn light	125	camping lantern
25	other lighting fixture	56	led spotlight	117	led underwater light		Cluster 5
22	other light bulb	57	led strip light	120	led wall washer	61	hid ballast
23	incandescent light	54	led strip	121	led wall washer light	124	lotus energy saving lamp
24	mercury light	83	led street lamp	75	led panel lamp	135	half spiral energy saving lamp
26	neon bulb	139	pendant lamp	107	led table light	134	full spiral energy saving lamp
27	xenon light	58	high power led bulb	105	led industrial light		
	chandelier		led table lamp	85	solar garden light		

D. Multidimensional Scaling

Results of the MDS analysis follow for existing leaf level category nodes and sellers' self-input items that represent concepts similarity with a range of co-occurring frequencies. Different dimensional outcomes are summarized as Table 4 that contain the values for the MDS outcomes (dimensionality, R² value, and stress value), parameters used for the analysis. A low stress value and high R² value indicate that the produced MDS results are sound and robust [10], and the best results of MDS outcomes is four-dimensional scaling (Figure 3), which

responds and validates the results of Hierarchy Clustering Analysis in Section 4.3.

TABLE 4. ANALYSIS SUMMARY FOR DEPRESSION

Number of Dimensions	Stress Value	R ²
2	0.177669	0.9432
3	0.111141	0.9714
4	0.079123	0.9832

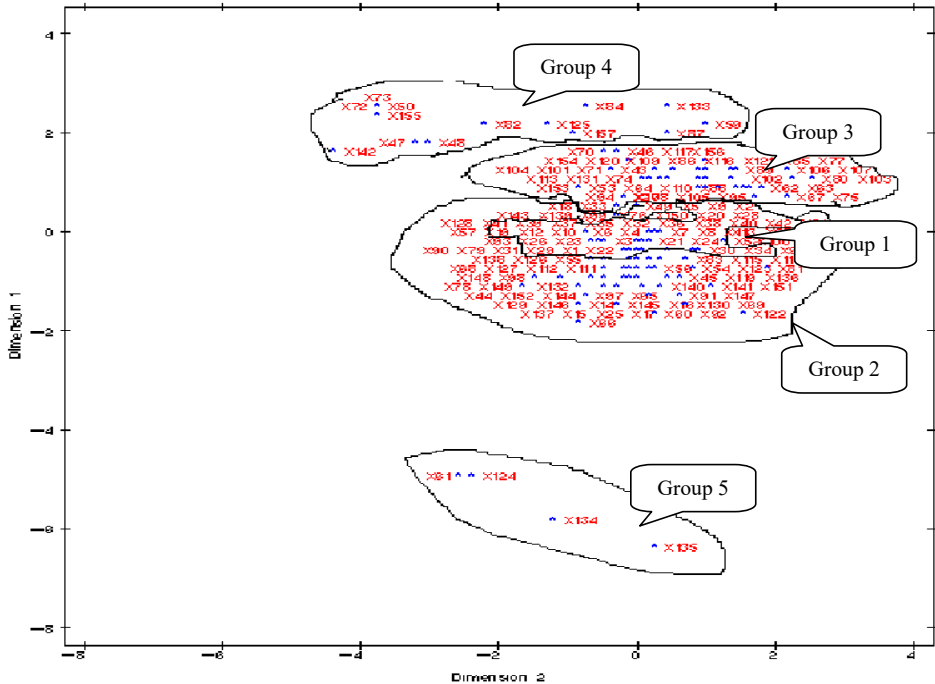


FIGURE 3 RESULTS FROM MULTIDIMENSIONAL SCALING

E. Discussion

The category hierarchy of an e-commerce website plays a very important role in organizing data automatically (through classifiers built on the hierarchy) or manually. However, with newly available self-input items from sellers added into the category hierarchy, nodes within the same category may become less topically cohesive, since most sellers' self-input items are unique, typical modeling methods cannot be applied to users' behavior since there is no link between user behaviors with the same or similar category nodes [30]. Thus the hierarchies suffer from problems of structure irrelevance and semantic irrelevance, leading to poor classification accuracy of the classifiers developed for automatically categorizing the newly available sellers' self-input items into the hierarchy, which in turn leads to poorer sellers' self-input items organization [2, 31].

The results illustrate that mental model approach can be utilized for category hierarchy maintenance on sellers' self-

input items on e-commerce websites, and demonstrate this approach has several advantages. First, this approach can bridge the studies of system design and users' behavior: we extracted sellers' concepts of category hierarchy from their self-input items, and recommended the suggestions for category hierarchy maintenance. Second, this approach is scalable, we transferred the co-occurrence between the sellers' self-input items and existing leaf level nodes into similarity matrix, and association relationships hidden among these subjects were clustered and visualized based on this similarity matrix. This process offers a practical way to measure the relationships hidden in sellers' self-input items and existing category nodes in large scale dataset.

However, the quality of the items categorization in this paper must be assessed against "ground truth", which is currently absent in our approach. Therefore, a logical next step is to search for or develop baselines for evaluating quality consequently.

CONCLUSION

In this paper we propose a mental model approach to support category maintenance on sellers' self-input items, which comprises the Co-occurrence Analysis, Hierarchical Clustering Analysis, and Multidimensional Scaling. Experimental results demonstrate that this method is able to recommend a modified hierarchy based on the sellers' self-input items. The category hierarchy maintenance model for sellers' self-input items will be applied to determine the most proper category or recommend the top N categories for users' consideration when they list items on e-commerce

websites. Moreover, the work can be further adapted to detect outlier items in categories which will be of help for fraud item detection.

ACKNOWLEDGMENT

This paper is supported by the National Natural Science Foundation of China under contract No. 71003049, 71273132, 71303111, 71471089, 71403121; Fundamental Research Funds for the Central Universities under contract No: 30920140111006.

REFERENCES

- [1] Shen, D., et al., A study of smoothing algorithms for item categorization on e-commerce sites. *Neurocomputing*, 2012. 92: pp. 54-60.
- [2] Yuan, Q., et al. Category hierarchy maintenance: a data-driven approach. in *Proceedings of the 35th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*. 2012. ACM.
- [3] Aggarwal, C.C., S.C. Gates, and P.S. Yu. On the merits of building categorization systems by supervised clustering. in *Proceedings of the fifth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. 1999. ACM.
- [4] Punera, K., S. Rajan, and J. Ghosh. Automatically learning document taxonomies for hierarchical classification. in *Special interest tracks and posters of the 14th international conference on World Wide Web*. 2005. ACM.
- [5] Chuang, S.-L. and L.-F. Chien. A practical web-based approach to generating topic hierarchy for text segments. in *Proceedings of the thirteenth ACM international conference on Information and knowledge management*. 2004. ACM.
- [6] Tang, L., J. Zhang, and H. Liu. Acclimatizing taxonomic semantics for hierarchical content classification. in *Proceedings of the 12th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. 2006. ACM.
- [7] Noseworthy, T.J. and M.R. Goode. Contrasting rule-based and similarity-based category learning: The effects of mood and prior knowledge on ambiguous categorization. *Journal of Consumer Psychology*, 2011. 21(3): pp. 362-371.
- [8] Norman, D.A., Some observations on mental models. *Mental models*, 1983. 1.
- [9] Jonassen, D.H. Operationalizing mental models: strategies for assessing mental models to support meaningful learning and design-supportive learning environments. in *The first international conference on Computer support for collaborative learning*. 1995. L. Erlbaum Associates Inc.
- [10] Coury, B.G., M.Z. Weiland, and V.G. Cuqlock-Knopp. Probing the mental models of system state categories with multidimensional scaling. *International journal of man-machine studies*, 1992. 36(5): pp. 673-696.
- [11] Rusbult, C.E., R.K. Onizuka, and I. Lipkus. What do we really want?: Mental models of ideal romantic involvement explored through multidimensional scaling. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1993. 29(6): pp. 493-527.
- [12] Chen, Y., et al., Sunburst with ordered nodes based on hierarchical clustering: a visual analyzing method for associated hierarchical pesticide residue data. *Journal of Visualization*, 2015. 18(2): pp. 237-254.
- [13] Nishimura, M., D. Maurer, and X. Gao. Exploring children's face-space: A multidimensional scaling analysis of the mental representation of facial identity. *Journal of experimental child psychology*, 2009. 103(3): pp. 355-375.
- [14] Tsui, C.-j., et al., Building an IT taxonomy with co-occurrence analysis, hierarchical clustering, and multidimensional scaling. 2010.
- [15] Zhang, J., D. Wolfram, and P. Wang. Analysis of query keywords of sports - related queries using visualization and clustering. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2009. 60(8): pp. 1550-1571.
- [16] Chaturvedi, A. and J.D. Carroll, CLUSCALE (" CLUstering and Multidimensional SCAL [E] Ing"): A three-way hybrid model incorporating overlapping clustering and multidimensional scaling structure. *Journal of classification*, 2006. 23(2): pp. 269-299.
- [17] Milojević, S., et al., The cognitive structure of library and information science: Analysis of article title words. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2011. 62(10): pp. 1933-1953.
- [18] Chung, W., H. Chen, and J.F. Nunamaker Jr, A visual framework for knowledge discovery on the Web: An empirical study of business intelligence exploration. *Journal of Management Information Systems*, 2005. 21(4): pp. 57-84.
- [19] Hsu, P.-L., et al., Mining various semantic relationships from unstructured user-generated web data. *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, 2015. 31: pp. 27-38.
- [20] Wedig, S. and O. Madani. A large-scale analysis of query logs for assessing personalization opportunities. in *Proceedings of the 12th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*. 2006. ACM.
- [21] Downey, D., et al. Understanding the relationship between searchers' queries and information goals. in *Proceedings of the 17th ACM conference on Information and knowledge management*. 2008. ACM.
- [22] Lance, G.N. and W.T. Williams, A general theory of classificatory sorting strategies II. Clustering systems. *The computer journal*, 1967. 10(3): pp. 271-277.
- [23] Schwartz, S., et al., Pervasive influence of semantics in letter and category fluency: A multidimensional approach. *Brain and language*, 2003. 87(3): pp. 400-411.
- [24] Spanakis, G., G. Siolas, and A. Stafylopatis, Exploiting Wikipedia knowledge for conceptual hierarchical clustering of documents. *The Computer Journal*, 2012. 55(3): pp. 299-312.
- [25] Xiong, T., et al., DHCC: Divisive hierarchical clustering of categorical data. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 2012. 24(1): pp. 103-135.
- [26] Thoma, P. and W. Gaul, Analysis of Recommender System Usage by Multidimensional Scaling, in *Classification—the Ubiquitous Challenge*. 2005, Springer. pp. 426-433.
- [27] Yang, Y. and J.O. Pedersen. A comparative study on feature selection in text categorization. in *ICML*. 1997.
- [28] Everitt, B., S. Landau, and M. Leese, *Cluster Analysis* Arnold. A member of the Hodder Headline Group, London, 2001.
- [29] Ward Jr, J.H., Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American statistical association*, 1963. 58(301): pp. 236-244.
- [30] Chen, Y. and J.F. Canny. Recommending ephemeral items at web scale. in *Proceedings of the 34th international ACM SIGIR conference on Research and development in Information Retrieval*. 2011. ACM.
- [31] Sun, A., E.-P. Lim, and Y. Liu. What makes categories difficult to classify?: a study on predicting classification performance for categories. in *Proceedings of the 18th ACM conference on Information and knowledge management*. 2009. ACM.

Infoincluir Cidadãos 50+

O contributo formativo da USALBI – Universidade Sénior de Castelo Branco

Infoinclude Citizens 50+

The formative contribution of USALBI – Senior University of Castelo Branco

Henrique Gil

ESE - Instituto Politécnico de Castelo Branco
CAPP – Universidade de Lisboa
UIDEF – Universidade de Lisboa
Castelo Branco, Portugal
hteixeiragil@ipcb.pt

Lino Galvão

Cybercentro – Câmara Municipal de Castelo Branco
Castelo Branco, Portugal
lino.c.galvao@gmail.com

Resumo — Pretende-se fazer uma abordagem sumária ao processo de envelhecimento global, com particular destaque para a EU-27 e Portugal. Neste âmbito, é abordada a problemática da infoexclusão dos cidadãos 50+ e as suas consequências para este grupo de cidadãos que os impedem de exercer uma adequada cidadania e uma consequente inclusão social. Para o efeito, é apresentado o contributo da USALBI (Universidade Sénior de Castelo Branco) na formação de cidadãos 50+ para a utilização das TIC de forma a que possam adquirir competências digitais. Neste sentido, são apresentados dados estatísticos relativos à formação efetuada relativamente ao número de participantes, aos conteúdos oferecidos, bem como a investigação já realizada. Acresce afirmar que a USALBI tem constituído desde a sua fundação (há 10 anos) uma oportunidade para que os cidadãos 50+ tenham vindo a ter a possibilidade de adquirirem competências digitais associadas às disciplinas de TIC e de Cidadania Digital de forma a reduzir o «gap digital» tão característico dos cidadãos mais idosos.

Palavras Chave – TIC; envelhecimento; infoinclusão; infoexclusão; USALBI.

Abstract — The goal is to present a summary approach to global aging process with particular emphasis on the EU-27 and Portugal. In this context, it addressed the issue of digital divide citizens 50+ and their consequences for this group of citizens that prevent them from exercising proper citizenship and a consequent social inclusion. To this end, the contribution of USALBI is displayed (Senior University of Castelo Branco) in the formation of citizens 50+ for the use of ICT so that they can acquire digital skills. In this sense are presented data on the training performed on the number of participants, the content offered and the research already done. In addition to state that the USALBI has made since its foundation (10 years) an opportunity for citizens 50+ have come to have the opportunity to acquire digital skills associated with ICT and Digital Citizenship disciplines to reduce the "digital gap" so characteristic of older people.

Keywords - ICT; ageing; infoinclusion; infoexclusion; USALBI.

I. O PROCESSO DE ENVELHECIMENTO NA UNIÃO EUROPEIA (EU-27) E EM PORTUGAL

O processo de envelhecimento tem vindo a tornar-se global. O grupo de países onde este processo tem vindo a aumentar, de forma paulatina, abrange os países mais desenvolvidos, tendo o Japão atingido o seu expoente máximo, assim como a generalidade dos países que constituem a União Europeia (EU-27). As principais razões para este facto residem, essencialmente, no aumento da longevidade associado aos recentes avanços da medicina e, em particular, ao decréscimo da natalidade. Um outro dado associado, a esperança média de vida, tem vindo também a aumentar onde os homens atingem um valor médio de 76,3 anos e as mulheres um valor médio de 83,2 anos de idade. Em termos médios, a EU-27 apresenta um valor de taxa de fertilidade de 1,5, muito aquém do valor mínimo de 2,1 que permite que se opere uma renovação sustentada de gerações.

A Figura 1, de acordo com [1] apresenta a pirâmide de idades no seio da EU-27, tendo em consideração os dados de 2010 e as projeções para 2060:

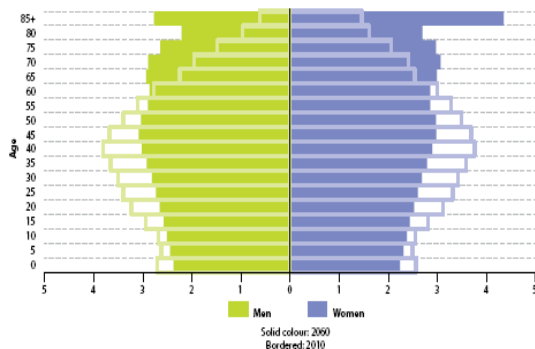


Figura 1: Pirâmide de idades na EU-27 corresponde ao ano de 2010 e projecções para o ano de 2060 (Fonte: Eurostat Yearbook 2012)

Como se pode constatar, o formato piramidal vai-se alterando de forma significativa passado a assumir cada vez

mais o «formato de urna», que evidencia o galopante envelhecimento destes países. Tendo em consideração as observações já mencionadas, de acordo com dados fornecidos por [1] há um evidente decréscimo do número de nascimentos e um aumento significativo de mulheres, em especial, na faixa compreendida para os 85+ anos. Aliás, verifica-se que a partir dos 65+ anos há um visível crescimento no sentido da população da EU-27 se tornar ainda mais envelhecida.

A Tabela 1, vem tornar mais visível esta tendência ao destacar as taxas de dependência de envelhecimento com um notório agravamento na generalidade dos países. Como é fácil constatar a taxa de dependência de envelhecimento atinge valores que maioritariamente se situam entre os 45% e os 50%. O valor máximo desta taxa corresponde à França com o valor de 54,2%. Um outro aspeto a destacar e com o qual se vai ter que contar já para a próxima década, prende-se com os idosos 80+ anos que também têm vindo a aumentar de forma consistente durante os últimos anos.

TABELA 1: ESTRUTURA DA POPULAÇÃO DA EU-27 E RESPECTIVAS TAXAS DE DEPENDÊNCIA (FONTE: EUROSTAT YEARBOOK 2012)

	Median age	Young age dependency ratio	Old age dependency ratio	Total age dependency ratio	Share of population aged 80 or over
	(years)			(%)	
EU-27	40,9	23,3	25,9	49,3	4,7
Belgium	40,9	25,6	26,0	51,7	4,9
Bulgaria	41,4	19,7	25,4	45,1	3,8
Czech Republic	39,4	20,2	21,6	41,7	3,6
Denmark	40,5	27,6	24,9	52,4	4,1
Germany	44,2	20,5	31,4	51,8	5,1
Estonia	39,5	22,3	25,2	47,5	4,1
Ireland	34,3	31,7	16,8	48,5	2,8
Greece	41,7	21,5	28,4	49,9	4,6
Spain	39,9	21,9	24,7	46,6	4,9
France	39,8	28,6	25,6	54,2	5,2
Italy	43,1	21,4	30,8	52,2	5,8
Cyprus	36,2	24,1	18,6	42,7	2,9
Latvia	40,0	20,0	25,2	45,1	3,9
Lithuania	39,2	21,8	23,3	45,0	3,6
Luxembourg	38,9	26,0	20,4	46,4	3,6
Hungary	39,8	21,5	24,2	45,7	3,9
Malta	39,2	22,4	21,2	43,6	3,3
Netherlands	40,6	26,2	22,8	49,0	3,9
Austria	41,7	22,0	26,1	48,1	4,8
Poland	37,7	21,2	19,0	40,2	3,3
Portugal	40,7	22,7	26,7	49,4	4,5
Romania	38,3	21,7	21,4	43,0	3,1
Slovenia	41,4	20,2	23,8	44,0	3,9
Slovakia	36,9	21,2	16,9	38,1	2,7
Finland	42,0	25,0	25,6	50,6	4,6
Sweden	40,7	25,4	27,7	53,1	5,3
United Kingdom	39,6	26,4	24,9	51,3	4,6

Em Portugal a situação é semelhante e tem seguido esta mesma tendência. Tendo em consideração os dados recentes de [2], a Figura 2 torna bastante evidente o decréscimo acentuado do índice sintético de fecundidade em Portugal entre os anos de 1975 e 2012. Neste sentido, como se pode observar, o valor mínimo atingido no ano de 2012 corresponde a 1,28, muito aquém dos necessários 2,1:

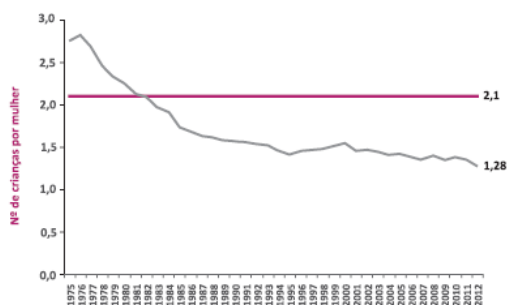


Figura 2: Índice sintético de fecundidade em Portugal entre os anos de 1975 e 2012 (Fonte: INE, 2013)

Esta maior taxa de dependência dos idosos vem colocar novos desafios para as sociedades mais envelhecidas ao promoverem alterações ao nível do mercado de trabalho, nos diferentes setores económicos, nos apoios sociais e de saúde e até no próprio seio das famílias [3]. Pelas razões aduzidas, [4] alerta para o facto de se encarar este processo de envelhecimento não apenas como uma vertente de cariz demográfico mas antes como uma vertente individual, mais complexa e mais abrangente onde se incluem, entre outros, aspetos do foro psicológico, cultural, económico e social. Neste novo contexto, [5] refere a pertinência e a importância para que se realizem investigações no sentido de melhor se compreender a forma como se processa o envelhecimento, em especial, no seio de uma sociedade digital onde se requerem competências que permitam a completa integração destes cidadãos mais idosos.

II. OS CIDADÃOS IDOSOS E AS TIC: A PROBLEMÁTICA DA INFOINCLUSÃO E INFOEXCLUSÃO

As estatísticas relativas à utilização das tecnologias digitais e, em particular, a utilização da internet pela população residente tem vindo a demonstrar que à medida que se avança nas faixas etárias há uma diminuição na utilização destes recursos digitais. Para o efeito, apresenta-se a Figura 3 que evidencia, de forma muito clara o decréscimo na utilização da Internet à medida que aumenta a idade dos seus utilizadores.

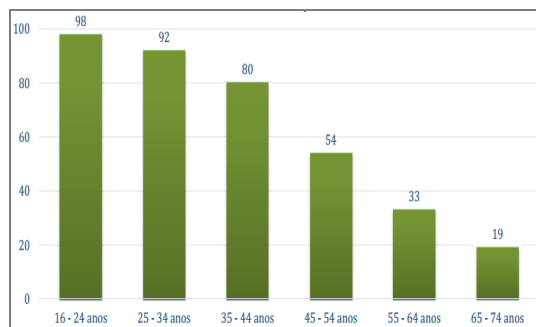


Figura 3: Utilizadores da Internet em Portugal em 2013 por escalão etário (Fonte: Eurostat 2014)

Algumas razões para os cidadãos mais idosos serem, na sua grande maioria, infoexcluídos pode ter uma relação direta com o facto de no decorrer da sua vida (atividades laborais e pessoais) não terem tido uma exposição às TIC. Como referem [6] e [7], outros fatores associados ao processo de envelhecimento, tais como, as perdas de algumas faculdades cognitivas, motoras e até físicas, fazem com que se instalem alguns obstáculos. Num outro sentido, [8] afirmam mesmo que pode haver por parte destes cidadãos uma falta de interesse na utilização das TIC. Algumas investigações, das quais se podem citar [9] e [10] vêm corroborar esta postura. Contudo, na opinião de [11], há muitos benefícios de ordem social que não devem ser menosprezados pelos cidadãos mais idosos porque as TIC podem criar condições que levem à diminuição do seu isolamento social e à melhoria generalizada das suas condições de vida que pode ser concretizada através do acesso facilitado a diferentes serviços que podem incluir, entre outros, os bancos, a saúde e a administração pública. No caso particular das questões relacionadas com a saúde [12] confere particular importância a esta dimensão. Num outro sentido, [13] refere ainda a importância de incluir os cidadãos mais idosos destacando a possibilidade e o fomento das relações intergeracionais que potenciam a inclusão social através dessas relações interpessoais e, ao mesmo tempo, permitirem a partilha de rotinas digitais que são mais frequentes nos mais jovens. Para o efeito, [14] e [15] realçam a importância das experiências vivenciadas e das competências adquiridas pelos cidadãos mais idosos junto dos mais jovens numa forma complementar em relação às TIC e respetivas valências.

III. AS UNIVERSIDADES SENIORES E A FORMAÇÃO EM TIC

Em Portugal, na atualidade, as Universidades Seniores têm vindo a ser criadas em praticamente todos os concelhos do país, podendo afirmar-se que já possuem uma cobertura de abrangência nacional. Neste âmbito, é importante referir-se a RUTIS (Associação Rede das Universidades da Terceira Idade) que foi criada no ano de 2005 e que no presente congrega 270 Universidades da Terceira Idade, 40.100 alunos seniores e 5.050 professores voluntários. A RUTIS [16], de acordo com os seus Estatutos, tem como 'Visão' a criação de novos projetos de vida para os seniores; tem como 'Missão' a promoção do envelhecimento ativo, a defesa, a representação e a dinamização das Universidades Seniores e ainda incentivar a participação social dos mais velhos; e, tem como 'Valores' o respeito pela pessoa humana, pela sua dignidade e ainda o respeito pelo direito à não discriminação (ascendência, sexo, língua, território de origem, religião, convicções políticas ou ideológicas, instrução, situação económica ou condição social).

O objetivo central da RUTIS [16] constitui numa resposta social que prioriza a criação e a dinamização de atividades sociais, culturais e de convívio onde também se destacam as atividades de índole educacional. Neste particular, a RUTIS assume que estas atividades educacionais são ministradas em regime não formal, num contexto de formação ao longo da vida onde não existe a necessidade ou a finalidade em se obter uma dada certificação. Em termos globais, as Universidades Seniores (ou de Terceira Idade, como são designadas pela RUTIS) têm uma oferta educacional que, para além das áreas mais tradicionais ou clássicas (Literatura, Línguas, Poesia...) existe uma oferta de áreas mais transversais que possuem uma

ligação muito estreita com as áreas das expressões plásticas, musicais e motoras. Dentro desta oferta tão generalizada, importa referir que as disciplinas de TIC estão presentes em todas estas instituições.

Atendendo ao facto de todas as atividades funcionarem num regime de voluntariado e onde a não formalidade é uma constante, são criados espaços que privilegiam a partilha e a troca de experiências e de conhecimentos, mas onde se sente uma grande vontade em aprender. Neste âmbito, [17] afirma mesmo que tem que se eliminar um dado mito de que podem existir limites que condicionam a aprendizagem dos mais idosos. Tal como defende [17] os mais idosos não ficam impedidos de aprender porque envelhecem, o que acontece é que o seu ritmo de aprendizagem possa ser mais lento quando comparados com os mais jovens.

Quando se fala numa formação que envolve um dado público-alvo que é constituído por cidadãos mais idosos há autores, como [18], que referem como abordagem a «Gerontologia» e que é também apoiada por [19] pela razão de incluir cinco dimensões:

- Educação cognitiva: no sentido de prevenir e amenizar as potencialidades mnésicas dado o seu declínio mais generalizado ter lugar, na grande maioria dos casos, a partir dos 75 anos, pretende-se que os idosos permaneçam intelectualmente ativos de uma forma contínua e sistemática através da realização de leituras, da resolução de problemas e de espaços onde treinem a argumentação.
- Educação personológico-axiológica: no sentido de se privilegiar uma educação com valores e para os valores onde se enfatizam os aspetos relativos à felicidade e à sabedoria, numa perspetiva vital.
- Educação social: no sentido de se poderem criar e proporcionar pistas para encontrarem novas formas de viver, de conviver, de ocupar os seus tempos de lazer no sentido de se promover uma reflexão relativa à adaptação para uma nova fase da sua vida (aposentação).
- Educação para a saúde: no sentido de se promoverem condições para uma vida mais saudável para que se possam evitar doenças mas que também seja capaz de criar condições para um melhor bem estar físico, mental e social.
- Educação Tanatalógica: no sentido dos mais idosos se poderem confrontar com a sua própria morte e com outras perdas mais significativas.

Uma outra designação associada à formação de idosos é também proposta por [18] e que também é partilhada por [20]: Gerontagogia. Para [18] e [20], Gerontagogia surge como uma 'abordagem híbrida' onde se combina a educação e o envelhecimento. Ou seja, a Gerontagogia deve incrementar a qualidade de vida dos idosos ao incluir três vertentes: atividades educativas para os cidadãos mais idosos; incluir propostas de educação para todo o tipo de público; e, a formação de profissionais de educação acerca do processo de envelhecimento. Resumindo, na opinião de [18], "(...) the

interest is placed on the study and of the educational practice not as a part of the aging processes, but firstly, as a part of teaching and learning of people, distinct between each other, in relation with a context and with a personal and social life that they try to develop with the most quality and the most happiness.” Assim sendo, na opinião de [20] o «gerontagogo» deve ter como prioridade na sua ação o de ser um «transformador» para que seja fomentada e promovida a autodeterminação dos seus alunos.

IV. USALBI: RESENHA HISTÓRICA E O SEU CONTRIBUTO PARA A INFOINCLUSÃO DE CIDADÃOS 50+

Face ao aumento da população idosa com que se debate a atual sociedade, tornou-se necessário refletir acerca das políticas sociais existentes, para que os idosos deixem de ser um grupo de cidadãos infoexcluídos. A inclusão dos idosos na Sociedade da Informação e do Conhecimento revela-se importante para um envelhecimento ativo, a falta de acesso ou de compreensão tecnológica interfere de forma significativa na integração e na participação nos processos individuais e grupais no atual contexto social onde o digital vem ganhando uma grande presença e dimensão.

A USALBI (Universidade Sénior Albicastrense) iniciou as suas funções no ano de 2005, tendo nesse mesmo ano aderido à RUTIS (Associação Rede de Universidades da Terceira Idade). Este início de atividade vem ao encontro dos objetivos que inicialmente foram traçados e apontados como sendo prioritários para o fomento e promoção da aprendizagem dos idosos ao longo da vida. A disciplina de Informática nasce assim, com o objetivo principal de aproximar e diminuir o *gap* que existe entre os cidadãos idosos e as tecnologias de informação e comunicação. Por outro lado, e face ao aumento dos cidadãos info-excluídos que cada vez mais se verifica na sociedade portuguesa, as Universidades Seniores através das disciplinas de informática que ministram, poderão ajudar a colmatar as exigências que atualmente se verificam na relação que existe e se estabelece com os diferentes organismos públicos existentes, uma vez que estes, aquando da sua utilização, exigem que os seus utilizadores possuam cada vez mais conhecimentos de informática na ótica do utilizador, tornando-se a literacia digital um fator importante para o exercício da cidadania.

Como se pode constatar na Tabela II, a disciplina de «Informática» começa a ser ministrada na USALBI no ano de 2005/06. Nesta primeira fase, as turmas eram formadas e constituídas de acordo com a ordem de inscrição dos seus alunos, sendo a distribuição de alunos feita de forma completamente aleatória. Nos primeiros três anos de atividade, a disciplina de «Informática» funcionou nestes moldes, sendo ministradas as matérias da disciplina de forma igual a todos os alunos, indiferentemente do seu nível de formação ou conhecimentos anteriores nesta área. No entanto, e face à enorme heterogeneidade e disparidade de conhecimentos que se verificava nos alunos que constituíam as diferentes turmas de «Informática» passou-se, a partir do ano letivo de 2008/09, a dividir e a estratificar os alunos em 3 diferentes níveis de conhecimentos.

TABELA II: EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE ALUNOS DAS DISCIPLINAS DE INFORMÁTICA NA USALBI, NO PERÍODO COMPREENDIDO ENTRE 2005/06 E 2015/16.

ALUNOS DE INFORMÁTICA DA USALBI				
Ano Letivo	Alunos Inscritos			
2005/06	70			
2006/07	74			
2007/08	91			
	Nível I	Nível II	Nível III	TOTAL
2008/09	81	51	12	144
2009/10	90	53	12	155
2010/11	101	62	12	175
2011/12	99	62	12	173
2012/13	81	52	12	145
2013/14	90	54	12	176
2014/15	110	89	12	211
2015/16	125	97	12	234

No **Nível I**, pretende-se apresentar e desmistificar a ferramenta computador/informática e demonstrar como o seu uso e a sua adequada utilização poderá influenciar e melhorar a vida do idoso no seu dia-a-dia. Neste Nível I, os alunos além de conhecerem o computador e as suas componentes, são ensinados e levados, numa primeira fase, a explorar e a trabalhar com o programa de processamento de texto *Word*. Neste programa, os alunos são estimulados a escrever e a desenvolver a motricidade fina através da utilização do rato, bem como a conhecer todas as potencialidades que esta ferramenta lhes proporciona. Posteriormente, e caso a turma consiga alcançar os objetivos traçados inicialmente, e caso demonstre capacidade e vontade em aprender e adquirir novos conhecimentos em novos programas, é-lhes também proporcionada a exploração, embora que de forma mais sucinta, dos programas de folha de cálculo (*Excel*) e de apresentação eletrónica (*Power Point*).

Numa segunda fase deste nível, é introduzida a Internet, no qual são apresentadas e demonstradas todas as mais valias e todas as potencialidades que podem resultar do uso deste recurso. Quando essa utilização é feita da forma mais conveniente, as melhorias no dia-a-dia do idoso são importantes e notórias. Uma vez que os alunos que frequentam as Universidades Seniores não são nativos digitais, e dado que a nossa vida atual se desenrola cada vez mais em torno do mundo digital, a utilização da Internet pode constituir-se numa importante ferramenta de combate à iliteracia digital e à infoexclusão, esbatendo-se desta forma o acentuado *gap* que

ainda se verifica nestas faixas etárias. Em Portugal e, especialmente nas zonas do interior, ainda se verificam taxas de utilização da Internet substancialmente baixas, pelo que o ensino do seu uso assume aqui um carácter extremamente importante e decisivo, uma vez que desta forma se permite aproximar o cidadão aos diferentes organismos Públicos que, cada vez mais requerem o uso deste tipo de ferramenta e o nível de conhecimentos nestes domínios necessários para uma eficiente inter-relação com os mesmos. Paralelamente, também são introduzidas e apresentadas as diferentes Redes Sociais e de comunicação que fazem parte do quotidiano (nomeadamente Skype e Facebook), e que podem de alguma forma contribuir para a ocupação dos seus tempos livres, podendo igualmente funcionar como uma ótima ferramenta de combate ao isolamento.

No **II Nível**, são aprofundados todos os conhecimentos ministrados no Nível I. Embora os alunos não estejam sujeitos a uma componente de avaliação por parte do professor, a progressão pelos diferentes níveis faz-se pelo acordo entre o professor e o aluno. Quando o aluno demonstra possuir os conhecimentos necessários e vontade em progredir de nível, é-lhe proposta essa transição podendo, no entanto, e caso o aluno assim o entenda, permanecer no mesmo nível enquanto não sentir conhecimentos suficientes ou vontade em progredir.

No **III Nível**, além de serem ministrados e aprofundados ainda mais os conteúdos e as matérias ministradas nos níveis anteriores, há a introdução da vertente da Programação, da construção e elaboração de um site e de um Blog. Este nível exige que os alunos já possuam elevados conhecimentos de informática na ótica do utilizador.

A partir do ano letivo de 2014/15 foi criada uma nova disciplina de «Cidadania Digital». Esta disciplina tem como principais objetivos complementar e até servir de motivação para a frequência da disciplina de «Informática». A disciplina de «Cidadania Digital» não envolve a utilização de qualquer tipo de recurso digital e tem como fim a criação de um espaço de discussão e de reflexão relativamente ao enquadramento das TIC nas rotinas diárias dos cidadãos mais idosos. É uma disciplina onde, a título de exemplo, se esclarecem conceitos como 'Bluetooth', e 'Wi-Fi' e onde também se promove uma discussão relativamente à sua concretização prática. Uma outra preocupação desta disciplina é a de permitir a aquisição de diferentes equipamentos digitais, tais como *smartphones* e *tablets*, através da descodificação de informações técnicas/tecnológicas/digitais, o que leva a que o idoso possa proceder à sua compra de forma mais esclarecida. Trata-se de uma disciplina que se centra nas necessidades e nos objetivos dos cidadãos idosos, onde o ensino se centra em torno dos alunos, numa abordagem a que comumente se designa por Gerontagogia. Como se pode antever, a disciplina de «Cidadania Digital» possui um pendor mais pedagógico que tecnológico, onde está subjacente um sentido prático e pragmático que crie condições para a aquisição de competências digitais.

Ainda no âmbito da USALBI, é importante referir que tendo em conta o seu modelo de gestão, é uma instituição que tem protocolos de colaboração com o Instituto Politécnico de Castelo Branco e, nesse âmbito, já tem sido alvo de estudo e

de investigação. No caso concreto do curso de Mestrado em Gerontologia Social da Escola Superior de Educação, já foram realizadas investigações onde se estudou e analisou o impacto das TIC relativamente ao bem-estar, aos domínios cognitivos e sociais, as questões relacionadas com a solidão e o isolamento, o contributo para um melhor envelhecimento ativo e a utilização de redes sociais (Facebook).

Em termos de projetos a curto prazo, a USALBI está a implementar medidas que vão no sentido da descentralização das disciplinas de «Informática» para que essa formação possa vir a ser realizada em cada uma das freguesias do concelho de Castelo Branco porque existe por parte dos seus responsáveis uma aposta clara que visa diminuir os índices de infexclusão dos cidadãos mais idosos. Um outro projeto já aprovado tem a ver com a iniciação à «Robótica» que, para além de proporcionar uma formação na programação associada à robótica pretende que os alunos da USALBI, na qualidade de avós, venham a desenvolver projetos que envolvam os seus netos. Pois, tal como tem vindo a demonstrar a investigação, as TIC constituem ótimas oportunidades para a implementação de projetos intergeracionais, com resultados muito positivos quer para os jovens quer para os mais idosos.

Acresce ainda referir que no ano letivo de 2014/15 a USALBI realizou o seu «I Seminário Rede TIC e Sociedade», que contou a participação de diversos especialistas nacionais e no qual foram apresentadas as atividades que são desenvolvidas nas disciplinas referentes às TIC, bem como foram apresentados projetos académicos pioneiros conducentes à inclusão dos idosos.

V. CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PARA A INCLUSÃO DIGITAL E SOCIAL

Em termos de conclusões e potenciais implicações para uma mais adequada inclusão digital e social dos cidadãos 50+ é importante referir [21] que a utilização das TIC vem conferir aos cidadãos mais idosos uma certa 'modernidade' dada a associação que unanimaente se faz entre computadores e juventude. Mas as consequências mais importantes são realçadas por [22] pelo facto de afirmarem que quanto maior a exposição e consequente utilização das TIC, maior tendem a ser os níveis de habilidades cognitivas. Neste contexto, [23] refere a importância de se fazer sentir aos cidadãos, com exemplos concretos, que as TIC podem ser úteis e até imprescindíveis sempre que se contextualizem em torno das suas rotinas diárias. Como ainda é sublinhado por [23] as TIC devem ser encaradas como um instrumento que seja capaz de virem a assumir metas positivas de modo a que "(...) se gere uma consciência cívica para que a sua inclusão digital consiga colmatar as lacunas que sentem (e que existem) para uma mais adequada, mais ampla e merecida inclusão social 'mediada' pela sua inclusão digital."

Neste particular, a USALBI tem sabido e conseguido promover as condições necessárias para que os seus alunos possam adquirir competências digitais no sentido de poderem vir a exercer uma cidadania plena que os torne socialmente incluídos. No presente contexto, uma inclusão social só se pode concretizar se existir uma inclusão digital!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Eurostat, Europe in Figures - Eurostat Yearbook 2012. Luxembourg: European Commission, 2012
- [2] INE, Inquérito à Fecundidade 2013. Lisboa: INE – Instituto Nacional de Estatística, 2013.
- [3] Powel, J. and Cook, I. “Global ageing in comparative perspective: a critical discussion” *International Journal of Sociology and Social Policy*, vol. 29, no 7/8, pp. 388-400, 2009.
- [4] Sequeira, C., Cuidar dos idosos dependentes. Coimbra: Quarteto, 2007.
- [5] Alves, F., A importância das TIC na promoção do envelhecimento ativo., Tese de Mestrado em Marketing e Gestão Estratégica. Braga: Universidade do Minho, 2011.
- [6] Morris, A., Internet use and non-use: views of older users, *Univ Access nInf Soc*, 6, pp. 43-57, 2007.
- [7] Dickinson, A. and Hill, R., Keeping in touch: talking to older people about computers and communication, *Educational Gerontology*, 33, pp. 613-630, 2007.
- [8] Páscoa, G. and Gil, H. Uma nova forma de comunicação para o cidadão sénior: Facebook, *Revista Kairós*, vol 18, 1, pp. 9-29, 2015.
- [9] Selwyn, S., Stephen, G. and Furlong, J., The information aged: Older adult’s use of information and communication technology in everyday life, *School of Social Sciences*, Wales: cardif University, 2003.
- [10] Dias, I., O uso das tecnologias entre os eniores: motivações e interesses. *Sociologia, Problemas e Práticas*, 68, pp. 51-77, 2012.
- [11] Neves, B. and Amaro, F., Demasiado velho para a tecnologia. Como os idosos de Lisboa usam e percebem as TIC?, *Jornal de Informática Comunitária*, 8, pp. 1-19, 2012.
- [12] Espanha, R., saúde e comunicação numa sociedade em rede – o caso português, Lisboa: Monitor, 2009.
- [13] Gil, H. Cidadania Digital 65+: os cidadãos 65+ do concelho de Castelo Branco, as TIC, a e-Saúde e o e-Governo Local, Coimbra: MivervaCoimbra, 2014.
- [14] Boulton-Lewis, G., Buys, L. and Lovie-Kitchin, J., Learning and active ageing, *Educational Gerontology*, 32, pp. 271-282, 2006.
- [15] Gil, H. and Amaro, F., “Currículo «Geronto-Digital»: os idosos e a sociedade da informação e do conhecimento”, in Atas da VII Conferência Internacional de TIC na Educação, Braga, Universidade do Minho, 2011, pp. 1021-1032.
- [16] RUTIS, Estatutos da RUTIS, Acedido em 24 de janeiro de 2016 em: www.rutises.wix.com
- [17] Paola, J., “Los desafios de la intervención profesional del Trabajo Social en el actual contexto”, in Paola, J., Danel, P. and Manes, R., Reflexiones en Torno al Trabajo Social en el Campo Gerontológico – Tránsitos, miradas e interrogantes. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2012, pp. 12-25.
- [18] Lemieux, A. and Martínez, M., Gerontagogia beyond words: A reality, *Educational Gerontology*, 26, pp. 79-134, 2000.
- [19] Barros-Oliveira, J., Educação das pessoas idosas, *Psicologia, Educação e Cultura*, X, 2, pp. 267-309, 2006.
- [20] Zolotow, D. “La educación debe dejar de ser un momenti en la vida para transforma-se en una dimensión de la vida”, in Paola, J., Danel, P. and Manes, R., Reflexiones en Torno al Trabajo Social en el Campo Gerontológico – Tránsitos, miradas e interrogantes. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, 2012, pp. 72-94.
- [21] White, J. and Weatherall, A., A grounded theory analysis of older adults and information technology, *Educational Gerontology*, vol 26, n. 4, pp. 371-386, 2000.
- [22] Wagner, N., Hassanein, K. and Head, M., Computer use by older adults: a multi-disciplinary review, *Computers in Human Behavior*, vol. 26, n. 5, pp. 870-882, 2010.
- [23] Gil, H., “A inclusão digital como ‘passaporte’ para uma mais adequada inclusão social dos cidadãos mais idosos”, in Pasqualotti, A., Gil, H. and Amaro, F. (Orgs), *Tecnologias de informação no processo de envelhecimento humano*, Universidade de Passo Fundo, 2015, pp. 14-34.

Mejoramiento de la resolución espacial de las imágenes Ikonos a partir de ortofotos: una aplicación de la fusión de imágenes con la Transformada Wavelet

Improving the spatial resolution of Ikonos images based on orthophotos: an application of image fusion with wavelet transform

Rubén Javier Medina Daza
Laura Cristina Becerra Gonzalez
Jhon Camilo Matiz Leon

Proyecto Curricular Ingeniería Catastral y Geodesia, Facultad de ingeniería,
Proyecto Curricular Maestría en ciencias de la Información y las Comunicaciones, Facultad de ingeniería,
Universidad Distrital Francisco José de Caldas (UDFJ)
Bogotá D. C., Colombia
e-mails: rmedina@udistrital.edu.co
lauracriss@misena.edu.co
jcmatzl@correo.udistrital.edu.co

Resumen — Este artículo tiene como objetivo desarrollar y evaluar dos metodologías, que permiten mejorar la resolución espacial sin pérdida significativa de la resolución espectral, con una imagen Ikonos y una Ortofoto. Usando la transformación RGB-IHS y el análisis de componentes principales (ACP). Aplicando la fusión a las componentes de intensidad de la imagen multispectral (Im) y de la ortofoto (Io) mediante la transformada Wavelet. De igual forma a la componente principal de la imagen multispectral (CP1m) y de la Ortofoto (CP1o) mediante la transformada Wavelet y junto con la técnica de ARSIS se genera una nueva intensidad y una nueva componente principal respectivamente. Para realizar las transformadas inversas de manera independiente IHS-RGB y IACP, y así obtener dos imágenes multispectrales. Finalmente se presentan los resultados obtenidos con los índices matemático-estadístico CC, ERGAS, RASE y Qu.

Palabras clave – Wavelet; Fusión; imágenes de satélite; ortofoto; multispectral.

Abstract — This article aims to develop and evaluate two methodologies that improve the spatial resolution without significant loss of spectral resolution, with an Ikonos and orthophoto image. Using the transformation RGB-IHS principal component analysis (PCA). Applying fusion to components multispectral image intensity (Im) and orthophotos (Io) by the wavelet transform. Similarly to the main component of the multispectral image (CP1M) and orthophoto (CP1o) using Wavelet transformed together with ARSIS technique a new intensity and a major new component is generated respectively. To perform the inverse transformed independently IHS-RGB and IACP, and thus obtain two multispectral images. Finally, the

results obtained with the mathematical-statistical indices CC, ERGAS, RASE and Qu are presented.

Keywords – Wavelet; Fusion; satellite images; orthophoto; multispectral.

I. INTRODUCCIÓN

La fusión de datos en un marco formal permite la combinación y utilización de datos procedentes de fuentes diferentes. La idea es obtener información de “mayor calidad” que la original, la cual dependerá de la aplicación [1][19]. La fusión de imágenes es una respuesta a la frecuente necesidad de tener en una sola imagen datos de alta resolución espectral y espacial a partir de imágenes de diferente resolución espacial y/o diferentes sensores remotos. La fusión permite obtener información detallada sobre el medio ambiente urbano y rural, útil para una aplicación específica en diferentes estudios geográficos [20][19]. Las técnicas de fusión de imágenes, como una solución alternativa, se pueden utilizar para integrar el detalle geométrico de una imagen para este caso de estudio una Ortofoto de alta resolución espacial (ORTO) y el color de las imágenes multispectrales de baja resolución espacial y alta resolución espectral (MULTI) para producir una nueva imagen de alta resolución espacial y espectral (N-MULTI) [12].

En los últimos años se ha experimentado con procedimientos que usan la transformada de Wavelet en dos dimensiones con el objetivo de conservar en gran medida la riqueza espectral de las imágenes originales [4][6][10-13]. Mostrando resultados satisfactorios en diferentes aplicaciones [2] [3][4][8]. De otra parte el avance tecnológico en el desarrollo de sensores

remotos pone a disposición diferentes tipos de imágenes en las cuales las mejoras tanto en la información espacial como espectral son evidentes. Sin embargo la necesidad de mejoras y reales para extraer mayor información de las imágenes sigue siendo una preocupación para los científicos, por lo cual la fusión de imágenes satelitales sigue siendo un área de investigación [23].

El objetivo principal de este artículo es evaluar la eficiencia de la transformada Wavelet propuesta en [5][12] para fusionar una sub-escena de una imagen MULTI del satélite Ikonos que tiene 4 metros de resolución espacial con una ORTO de 0.25 metros de resolución espacial, un sector central de la ciudad de Bogotá (Colombia), Parque Metropolitano Simón Bolívar para generar una imagen fusionada N-MULTI. Se exponen los resultados de la fusión de imágenes usando Transformada Wavelet, comparándolas con dos métodos propuestos, el primero transforma la imagen MULTI y ORTO a sus componentes Intensidad, Matiz y Saturación respectivamente, la intensidad de la MULTI (Im) y la intensidad de ORTO (Io) los cuales contienen información espacial, mediante la transformada de Wavelet se obtiene los coeficiente de aproximación y detalle respectivamente, concatenando los coeficientes de aproximación de Im y los coeficientes de detalle Io se genera una nueva matriz de coeficientes aplicando la transformada inversa Wavelet se obtiene la nueva Imo y con Matiz y la Saturación se realiza la transformada inversa IHS-RGB obteniendo así una nueva imagen MULTI. El segundo transforma la imagen MULTI y ORTO a sus componentes principales CP1m, CP2m y CP3m, CP1o, CP2o y CP3o respectivamente, La CP1m de la MULTI y la CP1o de ORTO los cuales contienen información espacial, mediante la transformada de Wavelet se obtiene los coeficiente de aproximación y detalle respectivamente, concatenando los coeficientes de aproximación de CP1m y los coeficientes de detalle CP1o se genera una nueva matriz de coeficientes aplicando la transformada inversa Wavelet se obtiene la nueva CP1mo y con CP2m y la CP3m se realiza la transformada inversa componentes principales, obteniendo así una nueva imagen MULTI.

Usando el toolbox de Wavelet y el toolbox de Procesamiento Digital de Imágenes en MatLab [7] para realizar los dos métodos anteriores. Se realiza la evaluación de la fusión a través de cuatro indicadores, a saber, el índice de calidad Universal Qu , la Correlación espacial y espectral, el índice RASE y el índice ERGAS espacial y espectral.

II. MÉTODO TRADICIONAL RGB-COMPONENTES PRINCIPALES

Usando las bandas B1, B2 y B3 de la imagen multispectral, se genera los vectores en \mathbb{R}^3 cuyos componentes serán ND_{ij} , se calcula las media para cada banda por separado, para hallar la matriz de varianza y covarianza usando la formula (1).

$$V = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (ND_i - \mu)(ND_i - \mu)^t \quad (1)$$

Se resuelve la ecuación característica $|V - \lambda I| = 0$, donde los valores propios de V son las soluciones de la ecuación característica, para obtener el porcentaje de varianza por cada componente Principal ($\%VCP_i$). Para hallar los espacios propios asociados a cada valor propio se resuelven sistemas homogéneos de la forma $(A - \lambda_i I)v_i = 0$. Se construye la matriz ortogonal Q colocando como columnas a los vectores u_1, u_2, \dots, u_n , para hallar el determinante de Q , es decir $\det(Q) = 1$, para calcular $Q^{-1}VQ$. Los productos $ND'_{ij} = Q^{-1}ND_{ij}$ proporcionan las coordenada en los nuevos ejes, de esta manera se obtiene los componentes principales CP1, CP2 y CP3 [3][15].

III. TRANSFORMADA DE WAVELET

En las últimas décadas, las estrategias de fusión de imágenes más utilizadas, se han basado en técnicas de análisis multiresolución. El objetivo es encontrar una transformada discreta que mejore la respuesta espacial y que no degrade la resolución espectral, desde este punto de vista la transformada discreta de ondículas (Wavelet) (TDW) mejora la resolución espacial y degrada en menor valor la resolución espectral que los métodos tradicionales [6] [12].

La transformada discreta de Wavelet, es una transformación lineal que tiene una gran utilidad en el área de procesamiento de señales. Una de sus principales aplicaciones consiste en separar conjunto de datos en componentes de distinta frecuencia espacial, representados en escalas comunes.

Los algoritmos de Mallat y el 'à trous' son los algoritmos de transformación wavelet discreta más empleados en el ámbito de la fusión de imágenes. Cada uno, con distintas propiedades matemáticas, conduce a distintas descomposiciones y por lo tanto, a distintas imágenes fusionadas. Desde el punto de vista teórico el algoritmo 'à trous' es menos adecuado que el de Mallat para extraer detalle espacial en el ámbito del análisis multiresolución [6][12].

A. Análisis multiresolución y las transformaciones Wavelet

El análisis multiresolución, basado en la teoría Wavelet, permite descomponer datos bidimensionales en componentes de distinta frecuencia y estudiar cada componente a una resolución acorde con su tamaño. A diferente resolución, el detalle de una imagen (componentes de alta frecuencia) caracteriza distintas estructuras físicas de la escena [8]. A resoluciones groseras, este detalle corresponde a las estructuras o elementos de mayor tamaño mientras que a resoluciones finas este detalle corresponde a las estructuras de menor tamaño. Las transformaciones Wavelet permiten, en el ámbito del análisis multiresolución, extraer el detalle espacial que se pierde al pasar de una resolución espacial a otra menor. La aproximación discreta de la transformada Wavelet puede realizarse a partir de distintos algoritmos [6] [11][12].

B. Algoritmo de Mallat

Para comprender el concepto de análisis multirresolución basado en el algoritmo de Mallat (1989) es muy útil hacer referencia a una pirámide en la que la base la constituye la imagen original de C columnas y F filas. Cada nivel de la pirámide, al que se accede únicamente desde el nivel inmediatamente inferior, es una aproximación de la imagen original. Conforme se asciende de nivel en la pirámide, las sucesivas aproximaciones a la imagen original tienen cada vez menor resolución espacial. Como el factor de degradación que se emplea para pasar de un nivel al siguiente es diádico, se cumple que en el nivel N , la imagen aproximación tiene $C/2^N$ columnas y $F/2^N$ filas. Cada una de estas imágenes aproximación se obtiene utilizando funciones de escala asociadas a la Wavelet Madre $\psi(x)$.

La diferencia de información entre dos niveles sucesivos de la pirámide, por ejemplo, entre la imagen original A_{2^j} de resolución 2^j y la imagen aproximación $A_{2^{j-1}}$ de resolución 2^{j-1} , la dan las transformaciones Wavelet. Los coeficientes Wavelet $DH_{2^{j-1}}$, $DV_{2^{j-1}}$ y $DD_{2^{j-1}}$ recogen el detalle horizontal, vertical y diagonal que se pierde en la imagen al pasar de una resolución 2^j a 2^{j-1} . Si se invierte el proceso, la imagen original A_{2^j} podrá reconstruirse exactamente a partir de una imagen aproximación $A_{2^{j-1}}$ y las imágenes de coeficientes wavelet $DH_{2^{j-1}}$, $DV_{2^{j-1}}$ y $DD_{2^{j-1}}$.

La implementación práctica del algoritmo de Mallat se realiza empleando filtros unidimensionales asociados a las funciones wavelet y de escala. El filtro h , asociado a la función de escala, es un filtro de paso bajo que permite analizar los componentes de baja frecuencia mientras que el filtro g , asociado a la función Wavelet, es un filtro de paso alto que permite analizar los componentes de alta frecuencia, es decir, detalle de la imagen. El número de parámetros de cada filtro así como el valor de los mismos depende de la función Wavelet Madre empleada en el análisis.

El algoritmo piramidal de Mallat (TDWM) [9] es uno de los más ampliamente utilizados dentro de las estrategias de fusión de imágenes de satélite debido a la alta calidad espectral que caracteriza a las imágenes fusionadas mediante este método; sin embargo, la baja direccionalidad del procesado de filtrado (horizontal, vertical y diagonal) y su carácter decimado, presenta como principal problema la aparición del efecto diente de sierra que deteriora notablemente la calidad espacial de las imágenes fusionadas [2].

La fusión de imágenes se puede entender como la combinación sinérgica de información proporcionada por varios sensores o por el mismo sensor en diferentes escenarios (espaciales, espectrales y temporales). En particular, la fusión de imágenes Multiespectrales (MULTI) y Ortofoto (ORTO), objeto de este artículo, consiste en combinar de una forma coherente la información espectral de la imagen MULTI, con la espacial de la imagen ORTO, con objeto de que la calidad

global (espacial-espectral) de la imagen fusionada sea muy alta [16] [23]. En la última década, las estrategias de fusión de imágenes más utilizadas, se han basado en técnicas de análisis multirresolución. Existen diferentes formas de calcular esta transformada. En particular, el algoritmo piramidal de Mallat (TDWM) [9] es uno de los más ampliamente utilizados dentro de las estrategias de fusión de imágenes de satélite debido a la alta calidad espectral que caracteriza a las imágenes fusionadas mediante este método [2].

C. Concepto ARSIS

El "Concepto ARSIS" [16] (Accroissement de la Résolution Spatiale par Injection de Structures en francés) es el mejoramiento de la resolución espacial de la imagen MULTI, gracias a la concatenación de la información de las principales características espaciales de la primera componente principal CP1o o de la componente Io de ORTO con la primera componente principal CP1m o de la componente Im de la imagen MULTI, que define una estrategia para la fusión de imágenes. Entre las condiciones básicas de ARSIS debe existir una similitud entre estructuras fisiográficas observadas en las bandas espectrales, sin que esto suponga que hay un recubrimiento entre bandas ni que los coeficientes de correlación entre las imágenes sean elevados.

IV. TRANSFORMADA WAVELET PARA LA FUSIÓN DE IMÁGENES SATELITALES

Para la implementación de la transformada Wavelet, en este estudio [5][11][12] junto con el concepto ARSIS [16], la transformación RGB-IHS y Componentes Principales [1] y el software Matlab [10] [11][12].

Como resultado de esta investigación se proponen las siguientes dos metodologías para implementar la fusión de imágenes usando la transformada Wavelet para la descomposición de los componentes Im y Io: y los componentes CP1m y CP2o

A. Metodología e implementación RGB-IHS

- Registrar una composición a color RGB (verdadero color) de la imagen MULTI con la ORTO, usando el mismo tamaño de píxel de esta última (0.25) metros. Transformar la imagen RGB en componentes IHS (Intensidad, matiz y saturación) de la imagen MULTI Im y de la ORTO Io.
- Aplicar el concepto de Transformada Wavelet al componente Im, iterativamente hasta el segundo nivel descomposición [8][18], obteniendo de esta manera los siguientes coeficientes de aproximación y detalle. cA2im coeficientes de aproximación que contienen la información espectral de la componente Im, cV1im, cH1im, cD1im, cV2im, cH2im, cD2im, coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de Im.
- Aplicar el concepto de la Transformada Wavelet a la componente Io hasta el segundo nivel descomposición obteniendo de esta manera los coeficientes de aproximación y detalle. cA2io coeficientes de aproximación que contiene la información espectral de la ORTO, cV2io, cH2io, cD2io, cV1io, cH1io y cD1io,

coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de la componente I_0 .

- Generar una nueva matriz concatenando los coeficientes $cA2m$ (que almacena la información espectral de la componente I_m) y los coeficientes de detalle espacial de segundo nivel de la componente I_0 , $cV2io$, $cH2io$, $cD2io$, $cV1io$, $cH1io$ y $cD1io$. Aplicar la transformada inversa de la Transformada Wavelet a la matriz obtenida en el paso anterior para obtener la nueva componente intensidad (N-INT).
- Generar una nueva composición IHS (N-IHS), uniendo la N-INT (nuevo componente intensidad) junto con las componentes originales de matiz y saturación (obtenidas en el paso 1). Realizar la transformación IHS a RGB, usando la nueva composición N-IHS. De esta manera se obtiene la nueva imagen multispectral (nueva rgb, NRGB-IW), que mantiene la resolución espectral ganando así la resolución espacial.

B. Metodología e implementación ACP

- Registrar una composición a color RGB (verdadero color) de la imagen MULTI con la imagen ORTO, usando el mismo tamaño de píxel de la última.
- Transformar los componentes RGB de la imagen MULTI en componentes Principales $CP1m$, $CP2m$ y $CP3m$.
- Aplicar el concepto de la Transformación de Wavelet a la componente principal 1, $CP1m$ de la imagen MULTI, iterativamente hasta el segundo nivel descomposición, obteniendo de esta manera los siguientes coeficientes de aproximación y detalle: $A1m$ coeficientes de aproximación que contiene la información espectral de la componente $CP1m$, $V1m$, $H1m$ y $D1m$ coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de $CP1m$. $A1m$ se descompone por segunda vez de esta manera se obtiene coeficientes de aproximación $A2m$ que contiene la información espectral de la componente $CP1$ y $V2m$, $H2m$ y $D2m$ coeficientes de detalle donde se almacena la información espacial de la componente $CP1$.
- Aplicar, de manera paralela, el concepto de la Transformación Wavelet a la componente principal 1, ORTO $CP1o$ de la Ortofoto hasta el segundo nivel descomposición obteniendo de esta manera los coeficientes de aproximación $A2o$ (contiene la riqueza espectral de la $CP1o$), y los coeficientes de detalle $V2o$, $H2o$, $D2o$, $V1po$, $H1po$ y $D1o$, que contiene la riqueza espacial de la $CP1o$.
- Generar un nuevo componente principal 1, aplicando el concepto ARSIS a través de la concatenación de los coeficientes de aproximación de la componente principal 1 de la imagen Ikonos $A2m$ (que almacena la información de la imagen del componente principal 1 de $CP1m$) y los coeficientes de detalle de segundo nivel de la $CP1o$, $V2o$, $H2o$, $D2o$, $V1o$, $H1o$ y $D1o$ (que almacenan la información de espacial de la componente principal 1 $CP1o$).
- A esta matriz resultante de concatenar estos coeficientes se le aplica la transformada Wavelet inversa para obtener un nuevo componente principal 1 (N-CP1).

- Generar la nueva imagen (N-CP) con la N-CP1 y las componentes originales ($CP2m$ y $CP3m$) de la imagen MULTI.
- Realizar la transformación inversa componentes principales a N-CP. Con el proceso anterior se han fusionado las imágenes MULTI y ORTO obteniendo la nueva imagen NRGB-CPW que mantiene la resolución espectral de la imagen MULTI (nueva rgb, NRGB-CPW) ganando en resolución espacial de la ORTO.

C. Resultados

De manera similar se evalúan las dos imágenes fusionadas tanto espacial como espectralmente con respecto a las imágenes originales MULTI y ORTO con el segundo nivel de descomposición. En la figura 1, se muestra las dos imágenes originales y las dos imágenes fusionadas por los dos métodos propuestos, donde el primer método permite generar una imagen con una buena ganancia espacial y con menor pérdida espectral

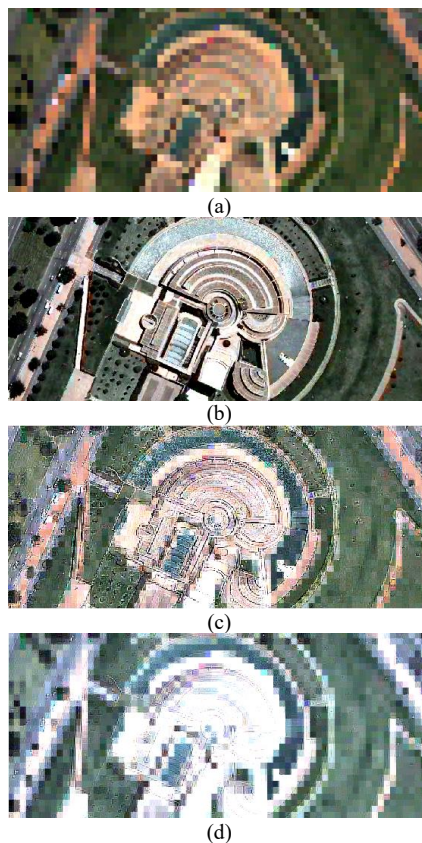


Figura 1. (a) imagen MULTI, (b) Imagen ORTO, (c) Imagen nuevargb I-W, (d) Imagen nuevargb CP-W

Para la evaluación y análisis de los resultados de las imágenes fusionadas se analizaron los siguientes índices:

índice de calidad Qu , coeficiente de correlación, Índice RASE, y ERGAS que se describen a continuación.

1) *Índice de calidad Qu .*

Este índice [22] identifica cualquier distorsión como una combinación de tres factores: pérdida de correlación, distorsión de luminancia y contraste de distorsión. El valor ideal es el cercano a 1, y se obtiene con la ecuación 2 (ver resultados en las tablas II y III).

$$Qu = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \cdot \frac{2\bar{x}\bar{y}}{(\bar{x})^2 + (\bar{y})^2} \cdot \frac{2\sigma_x \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (2)$$

2) *Coficiente de correlación.*

El coeficiente de correlación (CC) [6][11][14] está definido por la ecuación 3.

$$corr(x/y) = \frac{\sum_{j=1}^{npix} (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{npix} (x_j - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{j=1}^{npix} (y_j - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

Para obtener un índice de conservación de la resolución espacial (ver tabla I) se calcula la correlación entre las diferentes bandas de las imágenes fusionadas y las bandas de la imagen MULTI, mientras que para analizar la conservación de la resolución espacial se obtienen las correlaciones de las diferentes bandas de las imágenes fusionadas con la componente I y CP1 de la imagen MULTI (ver tabla I) En los dos casos los valores varían entre -1 y 1.

3) *Índice ERGAS*

La evaluación de la calidad de las imágenes fusionadas se ha llevado a cabo mediante los índices $ERGAS_{Espectral}$ y espacial, donde el valor ideal es el más cercano a cero (ver tablas II y III). La definición de $ERGAS_{Espectral}$ (Erreur Relative Globale Adimensionnelle de Synthèse en frances) [19-21] es dada por la ecuación:

$$ERGAS_{Espectral} = 100 \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{1}{\sqrt{N_{Bandas}}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{Bandas}} \left[\frac{(RMSE_{Espectral}(Banda^i))^2}{(MULTI^i)^2} \right]} \quad (4)$$

Donde h y l representan la resolución espacial de las imágenes PAN y MULTI; N es el número de bandas de la imagen fusionada; $MULTI^i$ es el valor de la radiancia de la banda i -ésima de imagen y RMSE será definida como sigue:

$$RMSE_{Espectral}(Banda^i) = \frac{1}{NP} \sqrt{\sum_{j=1}^{NP} (MULTI^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (5)$$

Siendo NP el número de píxeles de la imagen $FUS^i(x, y)$ De manera homóloga, Lillo y su equipo [4] proponen otro índice, denominado $ERGAS_{Espacial}$ que está inspirado en el $ERGAS_{Espectral}$ y busca evaluar la calidad espacial de las imágenes fusionadas, y está definido como sigue:

$$ERGAS_{Espacial} = 100 \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{1}{\sqrt{N_{Bandas}}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{N_{Bandas}} \left[\frac{(RMSE_{Espacial}(Banda^i))^2}{(PAN^i)^2} \right]} \quad (6)$$

Finalmente $RMSE_{Espacial}$ ha sido definido como:

$$RMSE_{Espacial}(Banda^i) = \frac{1}{NP} \sqrt{\sum_{j=1}^{NP} (PAN^i(j) - FUS^i(j))^2} \quad (7)$$

4) *El índice RASE*

El índice RASE (Relative average spectral error en inglés) [20] se expresa como un porcentaje y entre más cercano a cero menor será el error (ver resultados en las tablas II y III):

$$RASE = 100 \cdot \frac{1}{M} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (RMSE(B_i))^2} \quad (8)$$

Donde h es la resolución de alta resolución espacial (imagen PAN) y l es la baja resolución espectral (imagen MULTI). En esta investigación se analizó la conservación de la resolución espacial cambiando PAN por las componente I y CP1o respectivamente, generados de imagen ORTO.

TABLA I. CORRELACIÓN ESPACIAL Y ESPECTRAL PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA IMAGEN IKONOS FUSIONDA.

FUSIÓN DE IMÁGENES POR:	COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ESPACIAL			COEFICIENTE DE CORRELACIÓN ESPACIAL		
	BANDA R	BANDA G	BANDA B	BANDA R	BANDA G	BANDA B
NRGB-IW	0,87	0,85	0,89	0,86	0,85	0,86
NRGB-CPW	0,92	0,92	0,93	0,96	0,96	0,95

TABLA II. INDICES RASE, ERGAS Y Q PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ESPECTRAL DE LA IMAGEN IKONOS FUSIONDA.

FUSIÓN DE IMÁGENES POR:	RASE	ERGAS ESPECTRAL	Q
NRGB-IW	43,4%	2,71	0,80
NRGB-CPW	50,3%	3,14	0,82

TABLA III. INDICES RASE, ERGAS Y Q PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD ESPACIAL DE LA IMAGEN IKONOS FUSIONDA

FUSIÓN DE IMÁGENES POR:	RASE	ERGAS ESPACIAL	Q
NRGB-IW	41,1%	2,56	0,81
NRGB-CPW	52,5%	3,28	0,70

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En lo que concierne el CC (tabla I) los valores más altos de correlación espacial y espectral se obtienen con NRGB-CPW,

sin embargo la diferencia está 0,077 aproximadamente entre los dos métodos. La diferencia espectral es en el orden 0,058 y espacial del orden de 0,096. Lo cual indica que los dos métodos evaluados por este índice son muy cercanos.

En cuanto al índice ERGAS, RASE y Q_u espectral en la tabla II los mejores resultados se obtuvieron con el primer método, con la nueva imagen NRGB-IW con los índices ERGAS 2,71 y RASE del 43,4% y con el índice Q_u el mejor se obtuvo con el segundo método de 0,823 con una diferencia del 0,023.

En cuanto a la evaluación de la calidad espacial (tabla III), los mejores resultados son obtenidos con el primer método con la imagen NRGB-IW, teniendo el valor de RASE (41,1%), ERGAS espacial (2,56) y Q_u (0,819). La diferencia entre los métodos con el índice Q_u es del orden de 0,116 siendo una diferencia muy baja y con respecto a ERGAS una diferencia de 0,72, lo cual refleja que la ganancia espacial es significativa, lo cual demuestra que el primer método es mejor que el segundo.

Teniendo en cuenta la evaluación cuantitativa los mejores valores se obtienen, de manera general, con el NRGB-IW. Adicional y completando el análisis cuantitativo, la revisión visual de las imágenes fusionadas (figura 1) evidencian la ganancia espacial de la imagen fusionada con NRGB-IW (c), las cuales además mantienen la información espectral; ese mismo efecto no se evidencia con NRGB-CPW (d). Lo anterior permite concluir que de manera cualitativa y cuantitativa los mejores resultados de la fusión se obtienen con el primer método generando la nueva imagen NRGB-IW.

Los estudios anteriores habían demostrado que los métodos de fusión de imágenes basados en la transformada de Wavelet son más adecuados para la fusión de imágenes que los métodos convencionales [3-5][8][17][21][23]. El método propuesto consiste en aplicar la transformación RGB a IHS; de la componente Intensidad se extrae los coeficientes cA2im, estos coeficientes contienen la riqueza espectral extraída de la imagen MULTI de baja resolución espacial, combinando estos coeficientes de aproximación con los coeficientes de detalle, H2io, V2io, D2io, H1p, V1io y D1io de ORTO que contiene la riqueza espacial, se genera la nueva intensidad N-INT, posteriormente se transforma N-IHS a N-RGB de esta manera se genera la imagen fusionada (nueva rgb NRGB-IW). La aplicación de la transformada puede considerarse como una mejora en la transformación RGB-IHS, en el sentido que el componente I obtenido a partir de la imagen MULTI no es sustituido totalmente por la ORTO, pero la alta resolución de la ORTO se incluye en el componente I mediante la sustitución de los coeficientes Wavelet al aplicar el concepto ARSIS. La Transformada Wavelet es capaz de mejorar la calidad espacial de la imagen multispectral preservando al mismo tiempo su contenido espectral en mayor medida.

AGRADECIMIENTOS

Los datos utilizados en esta investigación fueron suministrados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) Bogotá-Colombia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] L. Alparone, L. Wald, J. Chanussot, C. Thomas, P. Gamba, L. Bruce, "Comparison of Pansharpening Algorithms: Outcome of the 2006 GRS-S Data Fusion Contest", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 45 No. 10, pp 3012-3021. 2007.
- [2] E. J. Candès, and D. L. Donoho, "Curvelets, multiresolution representation, and scaling laws, Wavelet applications" in Signal and image processing VIII, A. Aldroubi, A. F. Laine, M. A. Unser eds., Proc. SPIE 4119. 2000.
- [3] M. González-Audicana, J. L. Saleta, R. García Catalán y R. García; "Fusion of Multispectral and Panchromatic Images Using Improved IHS and PCA Mergers based on Wavelet Decomposition", IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing: 42 (6), 1291-1297. 2004.
- [4] M. Lillo-Saavedra, C. Gonzalo, A. Arquero y E. Martínez. "Fusion of multispectral and panchromatic satellite sensor imagery based on tailored filtering in the Fourier domain," International Journal of Remote Sensing, vol. 26, pp. 1263-1268, 2005.
- [5] Y. Nievergelt., Wavelets made easy, Ed Birkhäuser, Boston, pp 297. 1999.
- [6] J. Nuñez., X. Otazu., O. Fors, A. Prades, V. Pala., R. Arbiol, "Multiresolution-Based Image fusion whit Additive Wavelet Decomposition," IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol 37, Nº. 3, pp 1204 -1211. 1999.
- [7] S. Mallat., "Wavelets for a vision," Proceedings of the IEEE, vol 84, Nº (4 APRIL 1996).
- [8] S. Mallat. "A Theory for MultiresolutionSignal Decomposition: The Wavelet Representation".IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol. II, No. 7. July 1989
- [9] S. Mallat. A Wavelet Tour of Signal Processing, 2nd ed., Academic Press, Elsevier. ISBN 13:978-0-12466606-1. 1999.
- [10] M. Misiti, Y. Misiti., Oppenheim G., Poggi J. M. *The Wavelet Toolbox. For Use whit MATLAB®*. 1996.
- [11] J. Medina, I. Lizarazo. *Fusión de imágenes satelitales usando la transformada de wavelet*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. pp. 169. 2004.
- [12] J. Medina, C. Pinilla, L. Joyanes, "Two-Dimensional Fast Haar Wavelet Transform for Satellite-Image Fusion", Journal of Applied Remote Sensing. 7(1), 073698 (September 24, 2013); doi: 10.1117/1.JRS.7.0736982013
- [13] R. J. Medina, L. Joyanes, C. Pinilla. "Algoritmos Matemático para la fusión de imágenes satelitales," V Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento (Octubre de 2010).
- [14] S. R. Murray. *Estadística*, Segunda edición Mc Graw Hill. 1999.
- [15] K. Pearson. "On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space". *Philosophical Magazine* 2 (11): 559-572. doi:10.1080/14786440109462720. 1901.
- [16] T. Ranchin & L. Wald, "Fusion of high spatial and spectral resolution images: The ARSIS concept and its implementation," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, vol. 66. No. 1, pp. 49-61 2000.
- [17] R. Riyahi, C. Kleinn, H. Fuchs. "Comparison of different image fusion techniques for individual tree crown identification using quickbird image". *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, High- Resolution Earth Imaging for Geospatial Information*. Vol. XXXVIII-1-4-7/W5., June 2-5 ISPRS Hannover Workshop, Germany. 2009.
- [18] C. Sidney Burrus, *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms*. Prentice Hall. 1998.
- [19] L. Wald. "Somes terms of reference in data fusion," *IEEE Trans Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 37, No. 3, pp. 1190-1193. 1999.
- [20] L. Wald. "Quality of high resolution synthesized images: is there a simple criterion?," *Proceedings of the third conference "Fusion of Earth data: merging point measurements, raster maps and remotely sensed image"*, pp. 26-28, 2000, T Ranchin and L. Wald Editors, Nice: SEE/URISCA. pp. 99-105, 2000.
- [21] L. Wald. *Data Fusion, Definition and Architectures: "Fusion of Image of Different Spatial Resolution,"* Paris: Le Presses de l'École des Mines, 2002.

- [22] W. Zhou and A. C. Bovink. "A Universal Image Quality Index", IEEE Signal Processing Letters, 2002, vol. XX, No Y. 2002.
- [23] J. Zhou, D. Civco, and J. Silander. "A Wavelet Method to Merge Landsat TM and SPOT Panchromatic Data". International Journal of Remote Sensing: 19, 743- 757. 1998

Extracción de construcciones en imágenes de muy alta resolución espacial GeoEye, una aproximación a través de la morfología matemática

Extraction of buildings in very high spatial resolution's GeoEye images, an approach through the mathematical morphology

Erika UPEGUI CARDONA

Facultad de Ingeniería, Grupo GEFEM
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia
esupeguic@udistrital.edu.co

Catherine MERING

U.F.R. Géographie, Histoire, Economie et Sociétés
LIED (UMR8236), Université Paris Diderot
Paris, Francia
catherine.mering@univ-paris-diderot.fr

Resumen — Este artículo tiene como objetivo proponer una metodología para la extracción de construcciones en una imagen GeoEye de muy alta resolución espacial a partir de un enfoque híbrido multinivel entre la granulometría y la caracterización de atributos. Las construcciones extraídas se convierten en una alternativa de obtención de información en las zonas donde no exista información cartográfica, o donde la información cartográfica relacionada con las construcciones no esté actualizada. La capa de construcciones de la BDTopo© del IGN de Francia fue utilizada como referencia. Los resultados son comparados con la extracción de los mismos objetos realizada con una clasificación no supervisada, a través de los indicadores de precisión global y el coeficiente kappa. El método propuesto es más preciso en la extracción de construcciones que el método no supervisado, mejorando el coeficiente kappa en 0.02 unidades y alcanzando una precisión global del 90%.

Palabras clave: *morfología matemática; granulometría ;muy alta resolución espacial;construcciones.*

Abstract — This article aims to propose a methodology for the extraction of buildings in a GeoEye image of very high spatial resolution from a hybrid multi-level approach between particle size distribution and characterization of attributes. Building extracted become an alternative for obtaining information in areas where there is no cartographic information, or where the cartographic information related to buildings is not update. Building layer of the BDtopo © from IGN France was used as a reference. The results are compared with the extraction of the same objects with a non supervised classification, through indicators of overall accuracy and kappa coefficient. The proposed method is more accurate in the extraction of buildings that the no supervised method, improving the coefficient kappa in 0.02 units and reaching an overall accuracy of 90%.

Keywords-component; *mathematical morphology; granulometry, very high spatial resolution, buildings*

I. INTRODUCCION

La identificación de objetos urbanos, particularmente las construcciones, ha sido objeto de numerosas investigaciones después de 1999 con la puesta en funcionamiento de los satélites de muy alta resolución espacial (MARE, los cuales poseen una resolución sub-métrica). Nuevos enfoques más adaptados a la MARE han sido propuestos (una revisión acerca del tema en [1]), sin embargo la identificación de construcciones continua siendo objeto de investigación [1] [2] debido a la complejidad del medio urbano. Entre dichos enfoques, el enfoque “orientado a objetos” u “objeto-atributo” [3] ha mostrado una mejora significativa de los objetos bien clasificados, con respecto a la clasificación espectral, según el tipo de tejido urbano. En cuanto al enfoque granulométrico basado en los conceptos del “perfil morfológico – PM” y de la “derivada del perfil morfológico – DPM” [4] han clasificado los objetos urbanos usando las redes neuronales, obteniendo resultados prometedores [5] [6].

El objetivo de este estudio es la extracción de construcciones a partir de imágenes con MARE por un enfoque híbrido multinivel entre la granulometría y la caracterización de atributos, con el fin de mejorar los resultados obtenidos hasta el momento en lo relacionado a la extracción de construcciones, permitiendo así la distinción sin ambigüedad de las construcciones y otras formas de ocupación del espacio construido (a saber: parqueaderos, vías de comunicación, plazoletas, entre otros). Lo anterior sin entrar en el detalle de la tipología de construcción.

II. MATERIALES Y METODOS

La zona de estudio corresponde a 65.6Km² del municipio de Besançon, al este de Francia. La zona está cubierta por una imagen GeoEye-1 (18790 x 20284 píxeles) capturada el 7 de agosto de 2009 que tiene una resolución espacial de 0.50m. La

imagen está compuesta por cuatro bandas multiespectrales (rojo, verde, azul e infrarrojo cercano) y una banda pancromática, la cual ha sido utilizada en este estudio.

Los software utilizados en este estudio son: Apheliontm 4.10 para morfología matemática (MM); ENVI 4.7 para la clasificación no supervisada; ArcGIS 9.3 (extensión Spatial Analyst incluida) para el análisis espacial; y R 2.13 para el análisis estadístico.

Para la validación de los resultados se cuenta con una capa de información vectorial (BDTopo©) con las construcciones del municipio construida por el Instituto Geográfico Nacional de Francia (IGN). La BDTopo© hace parte del “Referencial geográfico a Gran Escala” (RGE®) de precisión métrica [7], lo que permite tener una escala comparable para la imagen GeoEye. De otra parte, si bien es cierto que la fecha de generación de esta capa no es exactamente la misma que la de la imagen GeoEye, esta no será una fuente de error debido a la poca dinámica de construcción del municipio.

A. Morfología matemática

En la MM se tiene un interés particular sobre el aspecto espacial de los objetos estudiados [8], sus métodos permiten extraer cualquier tipo de objeto de una imagen (colocándolo en evidencia y luego desconectándolo, gracias a la segmentación) utilizando únicamente la información existente al interior de la imagen. Para extraer un objeto X, el análisis morfológico se efectúa por intermedio de transformaciones que operan conjuntos Ψ con la ayuda de un elemento de estructuración (ES) de geometría simple [9]. Así las cosas, la transformación más adecuada para extraer un objeto depende de las condiciones específicas del caso en particular. En lo que corresponde a las construcciones, los dos criterios retenidos de reconocimiento visual son el tono y el tamaño.

En lo que respecta al tono, las operaciones utilizadas para eliminar las pequeñas estructuras preservando el contorno de las estructuras más grandes [10] son, de una parte, la apertura por reconstrucción $\phi(f)$ para las construcciones de tono claro; y de otra, la cerradura por reconstrucción $\gamma(f)$ para las construcciones de tono oscuro. En cuanto al criterio de tamaño, el análisis granulométrico permite estudiar el tamaño de los objetos basado en el principio del tamizaje, el cual permite la selección de objetos de un conjunto de tamicos de diferentes tamaños. Para esto, se crea el “perfil granulométrico o morfológico” de la imagen (f) o en su defecto la “derivada del perfil morfológico - DPM” la cual permite analizar la variación de los niveles del perfil [10] y están definidas por la ecuación 1 y 2.

$$DPM \ \phi(f) ES_i = f - \phi(f) ES_i \quad (1)$$

$$DPM \ \gamma(f) ES_i = \gamma(f) ES_i - f \quad (2)$$

Finalmente cada objeto extraído puede caracterizarse con sus atributos geométricos. La disponibilidad de atributos puede variar de acuerdo al software utilizado, para este caso Apheliontm calcula 28 atributos que van desde el área hasta la diferencia simétrica.

B. Clasificación no supervisada por el método de k-means

Esta clasificación se basa en el algoritmo de k-means para agrupar la imagen en un número de clases definido por el usuario [11]. El algoritmo busca de manera iterativa la minimización de la distancia entre el promedio de cada clase y los píxeles que la conforman, maximizando la varianza entre las diferentes clases. Este método puede potencializarse usando la técnica de anidado, la cual permite al continuar la agrupación de píxeles al interior de una clase seleccionada por el usuario. Para dar sentido a las diferentes clases obtenidas después de utilizar este método, es necesario realizar el análisis de las curvas espectrales, que para nuestro caso corresponden a curvas granulométricas. En este estudio esta clasificación se utiliza tanto para clasificar la imagen en su totalidad, como para hacer la clasificación granulométrica.

C. Regresión Logística

El modelo de regresión logística (RL) permite expresar bajo la forma de probabilidad (π_i) la relación entre una variable Y dicotómica y varias variables X_i cualitativas o cuantitativas [12] [13]. La probabilidad π_i está definida en la ecuación 3.

$$\pi_i = m(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k}} \quad (3)$$

$$= \log \left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i} \right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k$$

La regresión logística es un método determinista, poco dependiente del operador, una vez finalizada la etapa de aprendizaje, lo que permite tener un método simple, automático, reproducible y exportable.

La evaluación de este método se puede realizar por diferentes criterios, para este estudio se utiliza el AIC [14].

Finalmente, para separar la variable dicotómica, “Construido”/“No construido” debe establecerse un umbral “p”, para lo cual se utilizan las curvas ROC [15].

D. Método híbrido multinivel propuesto

El método propuesto es un híbrido multinivel (MHMP) entre la granulometría y la caracterización de atributos conformado por cuatro etapas concatenadas que se describen a continuación:

1) Obtención de DPM

A partir de la imagen original pancromática y con la ayuda de un ES de forma de disco (criterio de forma isotropa), se realizan las transformaciones $\phi(f)$ y $\gamma(f)$ para crear los perfiles morfológicos, variando el tamaño del disco entre 5 y 100 (de 5 en 5 hasta 25 y a partir de 30 aumentando de a 10). Posteriormente se realizan las DPM $\phi(f)$ y DPM $\gamma(f)$ respectivamente y se agruparon cada una en tres niveles de análisis -cada uno conformado por cinco variables (imagen resultante de la DPM)-, a saber, pequeño (ES entre 5 y 25), mediano (ES entre 25 y 60) y grande (ES entre 60 y 100).

2) Identificación de construcciones potenciales

A cada grupo de análisis de cada DPM se le realizó la clasificación de k-means aplicando como parámetro de número

de clase 9 y posteriormente refinando la clasificación anidándola tres veces. Posteriormente las curvas granulométricas fueron interpretadas y los objetos asociados a los “picos” de las curvas fueron tomados como construcciones potenciales (CP). A cada CP se le calculan los atributos geométricos, los cuales se convierten en las variables independientes a ser usadas en el siguiente paso.

3) Definición de modelo de extracción

Sobre cada grupo de CP se realiza un muestreo aleatorio del 10% de objetos para ser utilizado como datos de entrenamiento, que permitan obtener resultados estadísticamente significativos [16]. A los datos de entrenamiento se les verifica, visualmente, que sea “Construido”/“No construido”. Lo anterior, con el fin de establecer la variable dicotómica dependiente, necesaria para calcular la RL. Por cada grupo de CP y usando todas las variables un modelo de RL es definido en R tomando como parámetro que sea generado “paso a paso” y manera automática. Lo anterior permite obtener un modelo para cada grupo de CP, cada uno con una probabilidad (Π_i) diferente. A cada modelo de RL se le debe establecer el umbral de separación de la variable “Construido”/“No construido”, para lo cual se define el valor “p” a partir de las curvas ROC.

4) Extracción de construcciones

La extracción de construcciones se realiza tanto para los dos grupos de datos como para los tres niveles de análisis iniciando con el nivel de análisis de pequeño. Se aplica el modelo de RL al grupo de CP y se seleccionan las construcciones con la ayuda del valor “p” del umbral. Estas construcciones se utilizan con máscara para no ser utilizadas en el nivel de análisis siguiente, nivel mediano, en el cual se realiza el mismo proceso, es decir se repiten los pasos del 2 al 4. Nuevamente la máscara es creada y se extraen finalmente las construcciones del último nivel de análisis (grande), igual que las construcciones anteriores. El total de construcciones extraídas corresponde a la adición de las construcciones obtenidas de cada nivel de análisis y de cada grupo de DPM.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se analizan desde dos puntos de vista. En un primer momento, se verifican los resultados obtenidos en la imagen, es decir visualmente el comportamiento de los objetos extraídos: esto se realiza tanto en el MHMP como para el método k-means. En un segundo momento se compara numéricamente los resultados con respecto a los datos de referencia del instituto geográfico nacional (IGN) de Francia.

A. Imágen

En un primer tiempo, y con el objetivo de obtener un punto de referencia, una clasificación no supervisada se realizó sobre la imagen multispectral de zona de estudio (una muestra se observa en la fig. 5a).

En un segundo tiempo, se abordó el MHMP, para lo cual se usó la imagen pancromática como referencia (f), y con el objetivo de “segmentar la imagen” 26 imágenes de las transformaciones $\varphi(f)$ y $\gamma(f)$ fueron creadas, a partir de las cuales se construyeron la misma cantidad de imágenes para la

DPM (un ejemplo se ilustra en fig. 1). A cada objeto resultante se le calcularon los atributos geométricos.

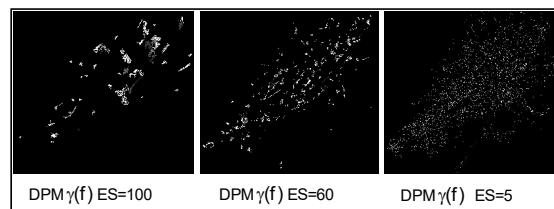


Figure 1. Ejemplo de elementos resultantes para tres DPM γ

Alrededor de 130.000 objetos fueron creados y una muestra de 13.097 fue utilizada para entrenar los 72 modelos de RL necesarios para la clasificación total de las construcciones. Una vez los modelos definidos, se aplicaron a los objetos creados para poder obtener las construcciones de los diferentes niveles de análisis para cada una de las dos DPM (ejemplo en fig. 2).

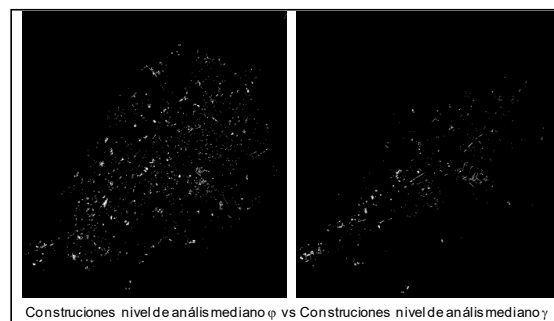


Figure 2. Construcciones del nivel de análisis mediano DPM φ vs DPM γ

Agrupando las DPM se establecieron los niveles de análisis sobre los cuales se realizó la clasificación no supervisada anidada, en total 18 clasificaciones fueron necesarias para extraer el total de CP. Fig. 3 ilustra el análisis de las curvas granulométricas en donde de las nueve clases seleccionadas como parámetro las cuatro primeras (C1 a C4) no incluyen CP, mientras que las cinco restantes, que se presentan como “picos” claramente identificables, son CP, cada uno de ellos se convierte en una capa para su posterior análisis. En total se obtuvieron 72 capas de CP.

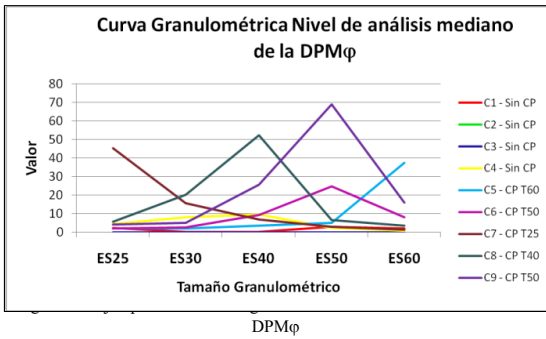


Fig. 4 ilustra (en color rojo) el detalle de dos construcciones extraídas por el MHMP, tanto de construcciones de forma regular, como irregular.

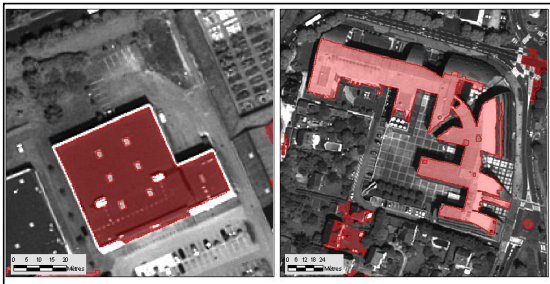


Figure 4. Ejemplo de dos construcciones extraídas por el método MHMP, a la izquierda una construcción regular y a la derecha una irregular

Finalmente, la fig. 5 ilustra dos sub-escenas de la validación de los resultados de las dos clasificaciones (fig. 5a), k-means (fig. 5b) y MHMP (fig. 5c), respecto a los datos de referencia de IGN. En color rojo aparecen las construcciones bien clasificadas, en color beige se muestran las zonas no construidas bien clasificadas, el color negro indica las construcciones que no fueron clasificadas como construidas, y finalmente el color azul representa las zonas no construidas que fueron clasificadas como construcciones.

B. Numéricos

Para la comparación de los resultados obtenidos con la clasificación no supervisada y los obtenidos con el MHMP se crearon tablas de contingencia tomando como referencia o verdad terreno la capa de IGN de Francia (tabla 1). Los indicadores usados para la comparación son:

1) Precisión Global

La precisión global (P_o) da cuenta del total de píxeles bien clasificados en la imagen y está definida por la fórmula 4.

$$P_o = \left(\frac{\text{Verdadera Construcciones} + \text{Verdadera No construcciones}}{\text{Número total de píxeles}} \right) \quad (4)$$

2) Coeficiente Kappa

El coeficiente kappa (K) es el índice estadístico que refleja la proporción de acuerdo entre los datos de referencia y los datos clasificados después de haber eliminado el acuerdo debido al azar [17], está definido por la ecuación 5, donde P_o es la precisión global y P_e es la proporción de acuerdo aleatorio.

$$K = \left(\frac{P_o - P_e}{1 - P_e} \right) \quad (5)$$

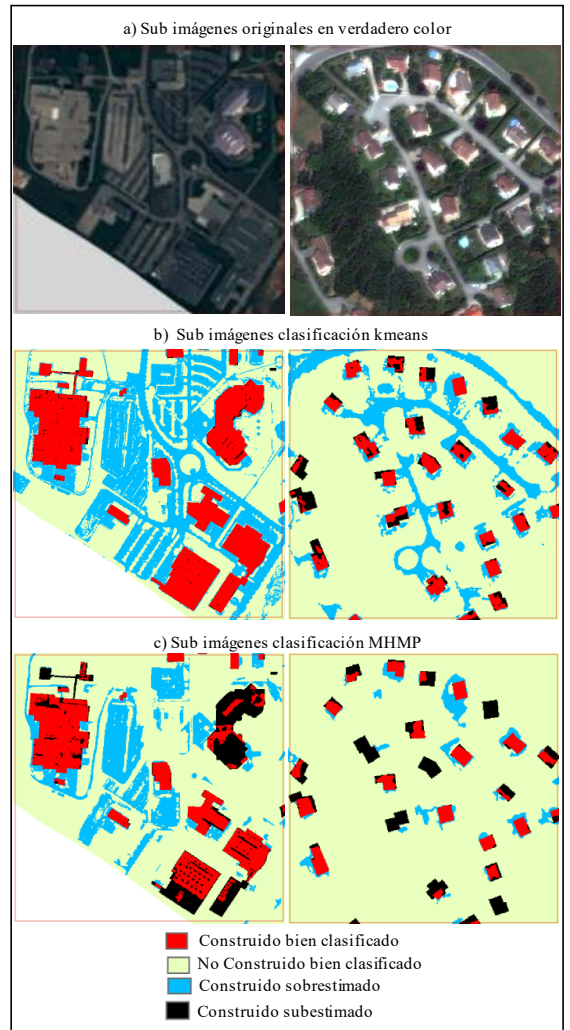


Figure 5. Validación de resultados de las construcciones extraídas por el método k-means y MHMP, ilustrados en dos sub-ímagenes.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de analizar los resultados obtenidos con las clasificaciones es importante señalar que el número de píxeles "Construidos" (según la información de referencia) corresponde a 20.103.379, lo que representa únicamente un 8.3% del total de píxeles "No construidos" (a saber 240.984.442) presentes en la imagen. Así, los resultados obtenidos evidencian de manera global, a través de los índices Po y K, una mejora en los resultados (tabla 1) de la clasificación al utilizar el MHMP respecto a k-means. No obstante el MHMP tiende a subestimar las construcciones, lo que es evidente en la fig. 5 con las zonas negras y es consecuente en la tabla 1 con los valores "Construido" de la BDTopo © versus los "No construido" de los métodos de clasificación, en donde aumentan casi cuatro veces entre k-means y MHMP. Tomando como referencia la precisión del productor con método MHMP para las clases "construido" y "no construido", los valores obtenidos son 0.53 y 0.93 respectivamente (con el método k-means valores son 0.88 y 0.83), lo que demuestra la subestimación del método para las áreas "construidas", pero que permite una buena clasificación de lo "no construido". Lo anterior es la razón de porque la precisión global es muy alta con relación a los resultados del coeficiente kappa, ya que este último incluye además los errores de omisión y comisión. En lo que respecta la clasificación k-means es evidente (fig. 5) que tanto las vías como las zonas de parqueaderos se encuentran incluidas en la clasificación, sobrestimando las áreas de construcciones (zonas de color azul fig. 5). Además aumenta casi tres veces, con respecto a MHMP) el número de píxeles "no construidos" (según la BD topo ©) que se incluyen como "Construidos", teniendo una menor precisión del productor con respecto al MHMP.

Otro aspecto a resaltar de la efectividad del MHMP, a pesar de la subestimación que se señaló anteriormente, es que fue probado en la totalidad del municipio de Besançon el cual incluye diferentes tipologías de construcciones (ejemplos fig. 4 y fig. 5) y no solamente en tipologías específicas como ocurre en la mayoría de estudios, como por ejemplo el estudio realizado por [18] y [19] que utiliza construcciones dispersas, o [20] [21] y [5] que utilizaron además de las construcciones dispersas las grandes construcciones.

De otra parte, es importante señalar que actualmente existen diferentes software comerciales dedicados a la clasificación orientada a objetos que tienden a facilitar la segmentación, como por ejemplo Defiens (antes conocido como *e-cognition*) o *Feature Extraction* (del software ENVI). No obstante la segmentación continúa siendo intuitiva (sin hipótesis de partida); subjetiva (depende del operador); y se basa en la identificación de los objetos a través de "zoom" creciente/decreciente partiendo del pixel [22] [23] [24] [25] [26] entre otros. Si bien es cierto que los resultados son satisfactorios, los métodos no son reproducibles por las condiciones antes mencionadas. En lo que respecta la efectividad del MHMP, este permite la extracción de construcciones tanto de formas regulares como irregulares, de tonos claros y oscuros y de diferentes tamaños (un ejemplo se evidencia en la fig. 4) lo que valida que la definición de criterios de forma, de tono y de tamaño en este estudio

permiten alcanzar el objetivo propuesto y preliminarmente el método es reproducible.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Un método híbrido multinivel para la extracción de construcciones basado en criterios de tono, tamaño y forma fue propuesto. El MHMP utiliza la MM y el análisis granulométrico para la segmentación de la imagen con el fin de obtener los objetos contenidos en la misma, que para este estudio fueron obtenidos aproximadamente 130.000 objetos. Usando la RL basada en los atributos geométricos calculados y en los 13.097 objetos de entrenamientos seleccionados aleatoriamente, 72 modelos de RL con sus respectivos valores "p" fueron necesarios para extraer las construcciones en los tres niveles de análisis (pequeño, mediano y grande) tanto en la DPM ϕ como γ . Los resultados obtenidos con el MHMP mejoran los resultados obtenidos con el método k-means. No obstante, pese a que los resultados Po y K obtenidos por el MHMP son mejores que los alcanzados por método k-means, el método propuesto debe mejorarse afin de alcanzar resultados más efectivos y fiables en la extracción de construcciones, para lo cual es necesario seguir investigando y haciendo mejoras en el mismo, una de las pistas a seguir es el afinamiento de los atributos geométricos utilizados y el método para seleccionar los objetos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por la Región Franche-Comté. Los datos utilizados en el proyecto fueron suministrados por el laboratorio MSHE.

REFERENCIAS

- [1] T. Blaschke, G.J. Hay, M. Kelly, S. Lang, P. Hofmann, E. Addink, R. Queiroz Feitosa, F. van der Meer, H. van der Werff, F. van Coillie, D. Tiede, "Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, volume 87, pp.180–191, 2014.
- [2] G. Liassis & S. Stavrou, "Building extraction in satellite images using active contours and colour features", International Journal of Remote Sensing, Volume 37, Issue 5, pp. 1127-1153, 2016
- [3] A. Puissant, C. Weber, "Démarche orientée "objets-attributs" et classification d'images THRS", Revue Française de Photogrammétrie et de Télédétection, n° 173/174, pp 123 -134, 2004.
- [4] M. Pesaresi, J. Benediktsson, "A new approach for the morphological segmentation of high-resolution satellite imagery", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 39, n° 2, pp 309-320, 2001.
- [5] J. Benediktsson, M. Pesaresi, K. Arnason, "Classification and feature extraction for remote sensing images from urban areas based on morphological transformations", IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 41, n° 9, pp. 1940-1949, 2003.
- [6] J. Chanussot, J. Benediktsson, M. Pesaresi, "On the use of morphological alternated sequential filters for the classification of remote sensing images from urban areas", IEEE, pp 473-475, 2003.
- [7] INSTITUT GEOGRAPHIQUE NATIONAL (IGN), 2009, BD TOPO® Version 2 Descriptif de contenu, IGN, Paris : 172 p.
- [8] J. Serra, "Image analysis and mathematical morphology" – Vol I, London, Academic press, 1982.
- [9] C. Mering, "Présentation de quelques méthodes de la Morphologie Mathématique permettant de caractériser une structure sur une image binaire", ORSTOM - Journées Télédétection Bondy - Analyse quantitative des formes (SATFORM), pp 193-211, 1998.
- [10] M. Coster, J.L. Chermant, "Précis d'analyse d'images", Paris, Presses du CNRS, 1989

- [11] J. MacQueen, "Some methods for classification and analysis of multivariate observations," *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Volume 1: Statistics*, University of California Press, Berkeley, Calif., pp 281-297, 1967. <http://projecteuclid.org/euclid.bsm/1200512992>.
- [12] J. Berkson, "Application of the Logistic Function to Bio-Assay", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 39, No. 227, pp. 357-365 1944.
- [13] T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, "The elements of statistical learning", Springer-Verlag, p. 763, 2008
- [14] H. Akaike, "A new look at statistical model identification", *IEEE Transactions on Automatic Control* AU-19: pp. 716-722, 1974.
- [15] T. Sing, O. Sander, N. Beerenwinkel, T. Lengauer, "ROCR: visualizing classifier performance in R", *Bioinformatics*, vol. 21, pp. 3940-3941, 2005.
- [16] B. Tso and P. M. Mather, *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, Second Edition, CRC Press, 2009.
- [17] J. Cohen, "A coefficient of agreement for nominal scales", *Educational and Psychological Measurement*, vol. 20, pp. 27-46, 1960.
- [18] J.Chanussot, J. Benediktsson, M. Fauvel, "Classification of Remote Sensing Images From Urban Areas Using a Fuzzy Possibilistic Model", *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 3, n° 1, pp. 40-44, 2006.
- [19] G. Forestier, A. Puissant, C. Wemmer, P. Gañçarski, "Knowledge-based region labeling for remote sensing image interpretation", *Environment and Urban Systems*, vol. 36, n° 5, pp. 470-480, 2012. doi:10.1016/j.compenvurbysys.2012.01.003
- [20] M. Nagao, T. Matsuyama, Y. Ikeda, "Region extraction and shape analysis in aerial photographs", *Computer Graphics and Image Processing*, vol.10, n° 3, pp. 195-223, 1979.
- [21] M. Nagao, T. Matsuyama, H. Mori, "Structural analysis of complex aerial photographs", *Proceeding IJCAI'79 Proceedings of the 6th international joint conference on Artificial intelligence*, vol. 2, pp.610-615, 1979.
- [22] Y. Chen, W. Su, J. Li, Z. Sun, "Hierarchical object oriented classification using very high resolution imagery and LIDAR data over urban areas", *Advances in Space Research*, n° 43, pp. 1101-1110, 2009.
- [23] A. Jacquin, L. Misakova, M. Gay, "A hybrid object-based classification approach for mapping urban sprawl in periurban environment", *Landscape and Urban Planning*, n° 84, pp. 152-165, 2008.
- [24] M. Jahjah, C. ULIVIERI, "Automatic archaeological feature extraction from satellite VHR images", *Acta Astronautica*, n° 66, pp. 1302-1310, 2010.
- [25] C.J. Van Der Sande, S.M. De Jong, A.P.J. De Roo, "A segmentation and classification approach of IKONOS-2 imagery for land cover mapping to assist flood risk and flood damage assessment", *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, n° 4, pp. 217-229, 2003.
- [26] L. Drăgut, O. Csillik, C. Eisank, D. Tiede, "Automated parameterisation for multi-scale image segmentation on multiple layers" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, volume 88, pp. 119-127, 2014.

Issues in Using Internet in Remote South African High Schools

Sue Conger
Satish & Yasmin Gupta College of
Business
University of Dallas, Rhodes
University
Irving, USA
SConger@udallas.edu

Kirstin Krauss
MIS Department
Rhodes University
Grahamstown, EC, S. Africa
Kirstin.Krauss@ru.ac.za

Clement Simuja
MIS Department
Rhodes University
Grahamstown, EC, S. Africa

Abstract — This case study analyzes the availability and uses of teaching techniques and computing technologies in Grades 10, 11, and 12 Computer Applications Technology classes in a remote town in South Africa. The technologies and techniques trialed showed promise of usefulness in being more engaging to student interest than those presently used. The technologies were a bit tricky in setting up and it was recommended that the researchers, in addition to special work sessions with the teachers, team taught with the teachers for their first time using the technologies. Human factors issues focused on ease of use and intuitiveness of technologies for both teachers and students. With 50-minute classes, if the technology becomes a hurdle rather than a vehicle for teaching a class concept, it defeats its own purpose. Thus, to be successful, technologies need to be selected carefully, installed, tested, and ready for use.

Keywords – ICT4D; Internet use; teaching.

I. INTRODUCTION

Research on information and communication technologies (ICT) in developing countries (4D) has been on-going for over 35 years. Most of the published research has not gotten beyond the adoption stages and none of the research found to date discusses specific interactions and their importance to acceptance of both technology and technologists. In remote rural South Africa, villages operate at an essentially subsistence level, often hundreds of kilometers from the nearest town. With little economic activity beyond barter, unemployment in these locations is often 80%+ and children spend their time in school learning to read and write but not developing much knowledge of the outside world or of opportunities to improve their future existence.

This research was undertaken in the spirit of the [1] theme that ICTs are “transformative socio-economic” mechanisms through which we tested ideas about using different techniques and technologies to help motivate students, provide an enjoyable learning environment, and develop some sense of opportunities that students might enjoy in the future, while reducing the teacher’s workload. The importance of this research is that in many developing countries, as much as half of the population exists in remote rural conditions that often

sever them from the rest of their society and the world. They desire economic activity but have no knowledge of how to accomplish it [2]. Rural inhabitants often are aware of the outside world but feel inadequate to have any input or impact on their future existence. School pass rates are often below 50% and unemployment over 80% [3]. Thus, students attend school within the larger context of their everyday lives that include complex and influential social and political aspects which influence their behaviors (e.g., seeking tertiary education), communications, and uses of, for instance, computing resources, all of which conspire against their broad computing capability use [4].

The research question driving this research is -- what are impacts of different Internet technologies on rural high school student engagement and performance? The overall goal is to determine techniques, Internet apps, and methods of teaching that engage and motivate students and that can work in the environment. This research question is important because no research has been found that appears to identify specific software or tools, beyond Microsoft products, that can be used in developing country classrooms. The implication in most writing is that what works in one locale will not work in another [5]. Further, research that evaluates facilitators and hinderers of technology use and curricular integration, relate more to teachers and less to students [6, 7].

II. METHODOLOGY

Phenomenological research seeks to describe what participants have in common [8], hopefully, to develop both what and how it was experienced. The first author (hereafter PI), developed training and exercises for conducting the classes during which the exercises were tested. Participants were high school students in 10th, 11th, and 12th Grades at a remote rural, government high school in the Eastern Cape province of South Africa. The PI was standing in, at the request of the teacher and Headmaster, while the teacher was out for surgery.

The methodology had two main components: computer-based exercise analysis and student interaction analysis. The

PI was the participant observer who created the exercises to match the course content and conducted the exercises, noting observations as much as possible. After returning to her home base, almost daily conversations to debrief, document, and make sense of observations were held with the other two researchers – one an academic, and one a doctoral student at a South African university.

Using Toulmin's [9] argument model, we sought to develop claims, provide evidence of those claims, and warrants to logically develop the claims, based on our academic and past research credentials. The steps to analyzing the observational data were first, to note the event. After several days of identifying events, pattern categories began to emerge and we began to identify events, then discuss which, if any events they related to, and, if none, what the new pattern category was. At times, no category was obvious and we simply noted the event until it made more sense. The categories became the claims, and the events became the evidence of those claims. The warrants were anecdotes about the circumstance of the event and any pre or post events that might relate.

A. Researcher Considerations

Because the PI had never taught in high school, nor received much formal teaching education or training, she was understandably nervous about approaching mostly black, Xhosa students and telling them what they needed to know and how best to do that. While Grade-level books and PowerPoint (PPT) presentations were provided, there was no information on quizzes or on practical laboratory exercises. Thus, the PI decided to test what would work that would also meet the goals of the PPTs, which students needed to know for government standardized tests. As a result, the first author used her experience of over 45 years of teaching at the adult level, the books, and discussions with the students to determine the exercises they would perform. The goal was to test gamifying or otherwise using the Internet to make the learning experience a) more fun, b) motivating, and improving c) reinforcement for lectures.

According to phenomenological research, the researcher seeks to transcend his experience to see the exercises anew to gain a 'fresh perspective' [10]. The PI found this concept easy to do with respect to expectations about student acceptance of the exercises but difficult in terms of the dry, outdated nature of the material as taught in the students' texts. This led to an internal conflict of sorts that lasted the first week at the end of which, the PI decided to follow the texts as closely as possible as most students' level of comprehension was at a beginning novice level. The two or three students in each class that evidenced other IT interests and a higher level of IT understanding were treated individually to custom out-of-class assignments to feed their interests, and also to pay specific attention to information they desired, for instance, information about job opportunities in the IT profession.

B. Student Considerations

There were 23 10th Graders, nine 11th Graders, and nine 12th Graders. Students were told, during the PI's introduction, that the exercises they did would be the basis for a research report. However, they were not given other information about what the researchers were doing in terms of the research. Each technique or technology that was tried, the students were asked if they a) they enjoyed it, b) they would like to use it again, and c) the technique or technology helped them learn the IT concepts of the lectures. Having done this much inclusion of students in the research, the PI also included passing, but telling, comments, interactions outside of classes, and other student-PI interactions that demonstrated beginning levels of student-teacher trust, and also developing interest in the subject. Students were not asked to review the research and comment on the conclusions; the teacher was asked her opinion of several passages after she returned to the classroom.

A consideration with student populations always is that there be no lasting 'damage' or risk to the students. These were avoided by telling them a) about the research, b) and that the period of guest lecturer for the PI would be two weeks only. After that time, the third author took over teaching duties for another two weeks. The assignments, except for technology, were no different than they might do in some other offline way.

In addition to the computer-based exercises, regular classroom interactions with students provided clues and evidence of some of their thoughts in terms of PI trustworthiness, the value of the assigned work and how it might apply to their lives, and why their attention and work in the class was important.

C. Technique and Technology Considerations

The facility consisted of a single computer lab with 36 carrels, 18 working PCs, and various pieces of non-working equipment such as keyboards and monitors. The PCs all were Mecer brand, 4GB, Intel 2.7 GHz speed with Huawei Y220 USB ports, ST3500418ASb ATA drive, generic keyboard, mouse, and monitor. Base software for the machines was Windows 7, SP1, MS Office 2010, Tux Typing, MS Snip, Autocad, and AVG antivirus. Other software was on various machines as there were no restrictions on downloading materials or software and students did.

Classes were scheduled for daily sessions but, because of timing issues, the 11th Grade only met with the PI 7 times over the two weeks; the 10th and 12th Graders met daily. Techniques and technology were trialed during the two weeks. The techniques included lectures with and without the PPTs, with and without demos by the PI, and with and without breaks for student practice of concepts from the lectures. Technologies trialed during the two weeks included 10th Grade -- MS Word typing with table formatting practice, Tux typing keyboarding practice, MS Snip, Autocad (gr 12), AVG antivirus Kahoot.it review quiz, and a PPT jeopardy review quiz; 11th Grade – MS

Word web page design and formatting, Kahoot.it review quiz, and wikispaces.com wiki creation and membership with up/down loads; 12th Grade – live enactment of CPU functioning, Kahoot.it, jeopardy PPT review quiz, PPT creation and presentation.

III. RESULTS

Results are explained in terms of the three aspects of the research – researcher, students, and techniques and technologies. Each section below highlights the issues involved in each of these areas.

A. *Researcher*

The PI was nervous about acceptance, control over the classroom, and her ability to relate to the teenagers. In her introduction of herself to the group, which is considered an essential part of community entry and relationship building, the PI talked about being one of nine children, coming from a fairly rural background, living in Texas, and about her choices in profession and education. She told the students she did not want them intimidated by her title because, she was still a learner just like they were. Students were told to call her whatever made them comfortable and, if they couldn't think of anything to call her "Dr. Sue" as her students in Texas called her.

The PI was able to relate to students by recognizing the singer Rihanna on one student's desktop background and discussing her music with the student, by discussing web design with another student, and by asking the 12th Grade Head Boy his opinion on the use of lectures versus practical exercises. There were several such incidents in every class, where, for example, individual students became gatekeepers to the class and interpreters of experiences. These ways of establishing a relationship prompted students to bring up topics to the PI as the first week progressed. During the second week, several students stayed after class to ask questions about work in the field of IT, for help in downloading software to a phone, and for help in getting images to show on a web page.

In terms of technology and techniques, the PI recognized several themes of teachers' needs, including computer self-efficacy, teaching self-efficacy, pedagogical practices, and professional development in computer technology integration. Teachers who are not confident of their own computing abilities are unlikely to place themselves in a potentially embarrassing position of failure with untested technologies. Similarly, novice teachers who may not be completely sure of their teaching self-efficacy might be intimidated by trying to integrate technology into their class pedagogy. Thus, teachers who lack self-efficacy in either teaching or computing are unlikely to use emerging technologies in their classrooms without some kind of outside support [6, 7].

In addition, the PI has used problem-based learning (PBL) and experiential learning practices for over 20 years so she is

predisposed to flipping a classroom to have students learn more by doing than by listening. Taking a practice-approach to learning requires letting go of some control over what is done by students and can lead to disastrous or seemingly out-of-control results. However, with practice, using PBL or experiential exercises can lead to great student rewards as they become more self-aware about how and when to apply theory versus innovating to find some novel solution to a problem. Teachers who have only practiced lecture and rote memorization in their classes are uncomfortable with passing the responsibility for learning to students and often feel the risks of students not being able to pass standardized tests are not worth the potential learning benefits of PBL or experiential work [6]. Thus, teachers' prior pedagogical practices when not experiential, reduce the probability of them using such methods [6, 7].

Even teachers with sufficient self-efficacy and with a predisposition to experiential classwork might need support to get started with new technologies. The search for a functional, simple, intuitive software of a particular kind is time consuming and requires one to understand the characteristics sought and how they might add to a teaching goal. Such software search can be facilitated by a computer expert who can perform such a search in less time and with less effort than the actual teacher might. Further, using new technologies that seem to mostly come without any directions, help, or other aides to use can be daunting. With limited time and resources, using such technology will be unlikely. Therefore, chauffeured use of technology that includes both individualized training in how the technologies might be used in a classroom and also team teaching of the teacher and technology expert to facilitate its initial uses would both be recommended. The professional training need has long been recognized as desirable and necessary to any type of innovation but the team teaching is a new concept that requires commitment from other professionals and, possibly would need to be done on a volunteer basis.

B. *Students*

The first few days, students were respectful but did not initiate conversations or ask many questions in class. After several of the relationship-building interactions, which all of the classes seemed to note and share, students seemed to become more comfortable and some initiated conversations, asked questions, and requested more information about, for instance, MS Word shortcuts, which the PI had used in class. One particular interaction led to a noticeable increase in students' participation. The PI had been asked what she would do if her daughter dated a person of color. She replied that her daughter dated a Moroccan who, while not black, had noticeably darker skin. The students appeared surprised but impressed by that news and perceived openness of the PI. After that conversation, students' approval was evidenced in that they became more cooperative, did not require much

encouragement to stick to class work, and were more accepting of the PI.

Monday of the second week presented a challenge as the students appeared not to have participated in the prior week. They were uncommunicative, a few completely disregarded class work, and several were fairly hostile in their interactions with the PI. The PI asked another teacher if she felt the same kind of borderline hostility on Mondays and she agreed but said that many students came from 'difficult' family situations. One 11th Grade girl in particular, said nothing, did nothing, and only gave hostile looks to the PI throughout Monday. A teacher said her mother had passed away the prior year, her father was an alcoholic and that there were abuse and other issues in the family. The teacher also said many students faced similar situations and that weekends were not generally celebrated. As a result of this conversation, the PI did more relationship-building interactions every day, to build better rapport with the students and, thus, gain their acceptance in the classroom.

While in general, the classes became more interested in the non-lecture tasks and events, in every class at least one person stood out in terms of their interest in IT and their desire to pursue a job in the IT field. These students each approached the PI on more than one occasion -- two students visited every day they had the computer class, to ask questions about what they could do, what they needed to know, and how they might get a job in the area of their interest. The PI responded in several ways. First, she told them of the importance of mastering the materials in the high school computer classes as it was basic knowledge they would be expected to know intimately if they wanted to work in IT professions. Second, she encouraged each student in their interests. For instance, one 11th Grader was keen to design web pages but that was not in their curriculum for the class. The PI created two of the lab sessions to use MS Word to design web pages and save them as HTML files so students could see their efforts in a browser. This helped everyone to get a sense of the effort involved in making a web page that might be revisited. Next, the student was encouraged to complete tutorials at w3cschools.org, a set of tutorials by the World Wide Web Consortium (W3C) on HTML, cascading style sheets, JavaScript, meta-tags, and so on. Within a week the student had completed over eight of the tutorials and had put together his own first html page with a header, some text, and an image. He struggled with the image and together the PI and student worked out that he had both used the wrong relative address and used the wrong file extension -- .gif instead of .jpg. Once that was fixed and he was shown how to put graphics in the same directory to avoid the addressing issue and also how to display file extensions so he would know what it should be. In another set of interactions, he asked about how to write program code to create a logon screen. This led to discussion of open source, use of free resources for coding, and what he needed to do to learn programming. These interactions were successful enough that the PI and student began an email correspondence

that led to him asking what the requirements for entry to Rhodes University were so that he could work toward getting into college.

Students clearly preferred techniques and technologies that were beyond what they had experienced in the past. The test techniques and technologies did improve their interest in, at least, the classes in which they were used, but did not seem to extend to when the class returned to a more traditional lecture format. Some students, those who were not interested in IT as a job and, in fact, did not see themselves having much future beyond their typical village experience -- girls marry, boys seek work as unskilled laborers -- would engage in the exercises but seemed not to retain any of the information imparted during them. Those motivated to work in the field and others who saw IT as a way to help them in their own area of interest, seemed to retain some of the information based on quizzes and reviews. In terms of revolutionizing the classes, two weeks is too short a period to have any conclusions about that. The PI believed that the regular teacher, should she continue using the techniques and technologies, might have more success with student learning with less effort (both goals of their use) over time and repeated use.

C. *Technology and Techniques*

Design of assignments considered issues of level of language, level of sophistication, and cognitive level of, e.g., Bloom's hierarchy. Beginning assignments were at the recall and understanding levels of learning. The top two Grades had one assignment at a synthesis level -- creating web pages and wiki content (Grade 11), and creating and presenting PPTs (Grade 12).

The 10th Graders' practical assignments related to their need to master MS Windows and MS Word. Exercises to create directories, find directories, find files, understand file extensions and so on were conducted for Windows. Exercises in Word sought to reinforce course material as well as help student master Word. As a result, the recreation of a table summarizing chapter 1 from the students' text was the first assignment. Because students were slow, hunt and peck, typists, this exercise -- about 70 lines of type in a 3 column, 10 row table took three sessions. Those students who completed early were moved directly to Tux Typing Tutor, a repetitive typing software for new typists to master finger position and begin touch typing. The typing exercises were a challenge for all but the students were good-natured about the repetition and their accuracy rates were mostly over 90%. Their speed was quite slow, though, most around 5 words per minute, so as added incentive to help them speed their typing, music was played and they were encouraged to 'type to the music.' While they did not keep the tempo, at least half of the class increased their typing rate.

The 10th Graders also engaged in several reviews using new technologies using Kahoot.it and a PPT of the US Jeopardy game. Kahoot only worked for one group for one

student so was, in general not successful. It taught both the students and the teacher that bandwidth and server capacity were not to be taken lightly. When the computer lab had been established, it was with the understanding that Internet access would be limited and not for every class. Also, bandwidth was taken by other teachers in after school community activities to engage adults in further skill development. As a result, when the PI began using the Internet as a daily occurrence, the server and bandwidth limitations quickly surfaced. Kahoot was the major example of these limitations but the server freezing took place every time a class tried to access the same web site whether it was google, Kahoot, the wiki for 11th Graders, chrome download, or some other web site.

The 10th Graders were enthusiastic in wanting to try any new technologies the PI could bring them but they were less proficient at remembering details of what or how they did things. For instance, their book stressed Windows and MS Word proficiency and, by the end of the two weeks, all could open Word but not everyone could remember how, for instance, to create a table or which ribbon tab contained font information.

The 11th Graders were the hardest to engage, partially because they only met seven times over the two weeks so there was less time to establish relationships. The 11th Graders used two technologies – MS Word to create web pages and wikispaces to join and up/down load materials to the wiki site. Neither was 100% successful. Only one student actually created a complete web page with links to at least one other page. All others got a home page but no links to other pages. They tested their pages using Internet Explorer and were able to see what they did and how it looked as a web page. The five students with emails all were able to join the wiki successfully but only two of them downloaded any of the documents for their use and none uploaded anything. The students without email all failed to follow the PI's directions and there were no directions on the wiki for joining so they ended up creating their own wikis but not knowing what to do with them afterward. To be successful, more time in planning web pages and more information on what a wiki is and how it works would have been helpful to the students. Thus, more set-up and preparation time would be needed. The wikispaces human factors design was a significant barrier to its use as it was neither intuitive, nor esthetically pleasing. It was a utilitarian presentation of functionality without regard to its organization or use by novices. Thus, human factors appeared to have been ignored in its design. In addition, there were no real instructions for how to do anything on the wikispaces web site. It was not recommended for continuation. The concept of wikis is appealing though because it would allow cross-class sharing of work and information and could be managed through the computer club recommended. Thus, a new wiki with requisite design considerations was recommended.

By the end of the two weeks, the PI felt she had failed the 11th Graders because the two projects were not completed to her satisfaction. However, the students seemed to like the web

design assignments and would have liked more time to work on it. The wiki was not clearly understood and the non-email students were frustrated that they were unable to engage with it. Thus, it was a partial success that also needed more student preparation and time to perfect.

The 12th Grade engaged in a live enactment of CPU functioning, Kahoot.it, jeopardy PPT review quiz, and PPT creation and presentation. During the live enactment, each student took a role as a part of a computer, e.g., CPU, ALU, RAM, ROM, input device, output device, and so on. They passed a chalkboard eraser as the token to show who had control of the computer at any given time and reenacted three different types of instructions – math formula, logic statement (if-then-else), and simple move characters. All but two students got into the exercise and not only learned from it but enjoyed saying which part of the CPU had control next. The two girls who were the ALU and Control Unit were not engaged and had to be told when they had control. This worked to reinforce the other students but did nothing for the two girls; since they were key to all of the commands, they weakened the exercise. When asked on a quiz a week later about CPU functioning, most of the class had correct answers except the two girls who did not engage.

Kahoot was used first with this group and worked to the extent that two students were able to get the student logon running. The students did the exercise as half of the group against the other half. The students were enthusiastic and had a great time participating, giving the exercise four of four stars and asking for more. They showed mixed results in retaining the review information based on a quiz the next week.

This group also had a jeopardy exercise and was enthusiastic and did well in the review. They wanted more of the exercise as an 'easier way to learn.'

The PPT exercise was to create a presentation discussing what computers meant to them. While the creation of six slides, two of which had fixed contents took three hours of class time, the results were worth it. The PI believed that, because they were not excited about the exercise at first, they went slow deliberately, thinking that the assignment would go away when the PI did. However, she had gained the agreement of the 3rd author who followed her into the classroom, to complete the exercise. The presentations were the last full day of the PIs attendance and they did not disappoint. A few female students had to be encouraged not to be shy (e.g., to think of the audience in their underwear got giggles and calmed them down), but, with no prompting, the students presented professionally, without reading notes or slides, with adequate eye contact and a minimum of verbal stalls (e.g., 'um'). Two male students who had previously not paid much attention in class, were surprisingly advanced in their concepts, for instance, wanting to do research on gamification. When asked later how he became interested in the topic, he had done a paper for the class the prior year on the topic. Since the teacher got the topic from the research team, it was gratifying not only to know she was using the materials we

provided but that she also was having students engage with the materials.

From a human factors perspective, the need to spend time not only on mechanics of using MS products but also of how to format content in a pleasing and intuitive manner became increasingly relevant as each class showed they could cope with mechanics but struggled with esthetics. If there were a way to factor design best practices into the curriculum, it would be recommended.

The PI was able to successfully use the technologies without much training or help but as she created lessons or activities, she realized that to expect the teachers to pick up the technologies on their own was probably not realistic. She searched for summaries of commands and usage and, most often, found none. Kahoot.it has prompts for its use that are fairly intuitive but not perfect. For instance, it never says there can only be one answer to a multiple choice question. Further, it only allows multiple choice questions so its use is limited. Similarly, Tux typing prompted one to start a lesson. At its end, the prompt was to the next lesson. Advanced students or students who had completed parts of the training, were not recognized and although you could skip lessons, you could not tell from the name “lesson 1” what it included. There was only rudimentary student management with little cumulative information and no encouragement, correction other than error recognition, or feedback to help students become more proficient. Plus, the exercises were not real words but simply sets of letters to exercise finger movements. While these have some value, real value is in learning to type words that are part of everyday vocabulary so that touch typing becomes internalized for easy and frequently used words, then for other words as practice continues. Thus, from a human factors perspective, the software used needed further development to be completely intuitive and simple.

IV. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Five factors contributing to use of computer technology in the classroom were recognized from this research – computer self-efficacy, teaching self-efficacy, pedagogical practices, and professional development in computer technology integration all apply to teachers while adequacy of computer technology support, applies to the technology in use. The type of technology support required includes not only hardware/software sufficiency but also instructional and usage aides for the software being used. The software should not

become the focus of learning or a hurdle so difficult that it impedes the original learning goals.

From a human factors perspective, the need for aides is coupled with a need for both techniques and technologies to be designed for intuitive, simple uses. Software designs need to be based on user needs relating to how software will be used. In addition to using best practices for colors, fonts, and text and graphic designs, best practices for grouping like information, providing context-aware help, and for intuitive structuring all should be followed.

This research supports the notion that even students in rural, poor schools can benefit from using novel techniques and technologies in support of pedagogical goals. More research is needed that include the teachers and their guided and facilitated use of the technologies. It appeared from the exercises conducted that, once bandwidth and hardware limitations could be overcome, that students might become more participative and more motivated about the coursework but two weeks is insufficient to generalize whether or not the technologies contribute to motivation and learning. Thus, more research is also needed to determine long-term pedagogical outcomes from using novel technologies in the classroom with further corroboration of results with the teachers and other stakeholders.

REFERENCES

- [1] Avergou, C. 2008. Information systems in developing countries: a critical research review. *Journal of Information Technology*. 23, 133-196.
- [2] Donner, C. and Toyama, K. 2009. Persistent themes in ICT4D Research: priorities for intermethodological exchange. The 57th Session of the International Statistics Institute, Durban, South Africa, June 17-21.
- [3] Bhisho Brief. 2015. A Shocker! Only half of PE Grade 1s passed. The Herald DA Bhisho - The Democratic Alliance at the Bhisho Legislature, Downloaded on February 8 2015 from <http://www.dabhisho.org.za/bhisho-brief>
- [4] Giddens, A. (1984) *The Constitution of Society: Outline of the Theory of Structuration*. Berkeley, University of California Press.
- [5] Pade-Khene. 2010. The development and implementation of an evaluation framework for rural ICT projects in developing countries: An exploration of the Siyakhula Living Lab, South Africa. PhD Dissertation, Rhodes University, Grahamstown, SA.
- [6] Gilakjani A. P. (2013). Factors Contributing to Teachers' Use of Computer Technology in the Classroom.
- [7] Pelgrum, W. J. (2001). Obstacles to the integration of ICT in education: results from a worldwide educational assessment. *Computers & education*, 37(2), 163-178.
- [8] Van Manen, J. 1990. *Researching the lived experience: Human science for an action sensitive pedagogy*. SUNY Press, Albany, NY.
- [9] Toulmin, S. 1999. *The Uses of Argument*, 15th ed.
- [10] Creswell, J.W. 2013. *Qualitative inquiry and research design*, 3rd ed., Sage Publishing, Los Angeles, CA.

Accuracy Sensitivity of the Radial Approach to Large Public Service System Design

Marek Kvet
University of Žilina
University Science Park
Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia
marek.kvet@uvp.uniza.sk

Michal Kvet
University of Žilina
Faculty of Management Science and Informatics
Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia
michal.kvet@fri.uniza.sk

Abstract — This paper deals with the optimal resource location problems used for large public service systems designing. Such problems have many practical applications in different areas of human life. To describe the problems, the weighted p -median problem is usually formulated. A standard objective in this formulation is to minimize the total disutility, like social costs. The social costs are often proportional to the distance travelled by all system users to the nearest located source of provided service. If a large instance of the problem is described by a location-allocation model, then the model size often exceeds any acceptable limit for available optimization software. It must be noted, that the numbers of served users and possible service center locations may take the value of several hundreds or thousands. To avoid this obstacle, the approximate approach based on a radial formulation with homogenous system of radii given by so-called dividing points has been developed. In this paper, we present both exact and approximate approaches to the weighted p -median problem and study, how the number of dividing points used for distance approximation impacts the solution accuracy and computational time. All reported models of the decision problems are described by means of mathematical programming. To obtain the optimal solution, the universal optimization environment XPRESS-IVE was used.

Keywords - Resource location analysis; Public service system; Homogenous radial approach; Dividing points; Accuracy sensitivity

I. INTRODUCTION

Optimization and methods of operational research play a very important role in many areas of human life. Results of particular research can be applied for example in health-care systems [1], [2], bioengineering [3], [4], service systems designing [5], [6], [7], intelligent manufacturing systems, traffic solutions, public sector [8] and in many other fields. Within this paper, we deal with effective approximate solving method suggested for large instances of these discrete network location models [9] and focus on the public service system designing.

The public service system design problem is a challenging task for both system designer and operational researcher. As the first one searches for a tool, which enables to obtain service center deployment satisfying future demands of the system users, the second one faces the necessity of completing the associated solving tool. The family of public service systems includes medical emergency system, fire-brigade deployment, public administration system and many others, where the

quality criterion of the design takes into account some evaluation of the users' discomfort. Thus designing of a public service system includes determination of center locations, from which the associated service is distributed to all users of the system [9], [10], [11], [12]. The number of service providing centers must be limited due to economic and technological reasons regardless the case whether the service is delivered to users or the users travel for the service. Thus the public service system structure is formed by the deployment of limited number of service centers and the associated objective in the standard formulation is to minimize social costs, which are often proportional to the distances from served objects - users to the nearest source of provided service. The social costs can be denoted as a disutility, to which the system user is exposed. In other words, the standard approach to the public service system design assumes that the user is served from the nearest located service center or from the center, which offers the smallest individual disutility to the user [6]. Thus, mathematical model of the public service system design problem often takes the form of a weighted p -median problem. Effective solving of large weighted p -median problem instances in a short term forces the designer to make use of a universal IP-solver instead of special software development. The available commercial solvers usually fail in cases of mediate instances described by a location-allocation model due to extreme memory or computational time demands. It must be noted that the numbers of served users and possible service center locations may take the value of several thousand [10]. As it was studied in [13], the number of service center locations seriously impacts the computational time necessary for finding the optimal solution.

The necessity of solving large instances of the p -median problem as a preceding step to the weighted p -median problem has led to the approximate covering approach based on a radial formulation [11], [14], [15], which enables making use of a universal IP-solver even when solving large problem instances. The keystone of suggested approach developed primary for solving the standard p -median problem and reported in [11], [15] consists in minimization of the upper bound of the original objective function. As the radial formulation of the problem avoids assigning a center to a user like it is common in the location-allocation approach, the used model is smaller than the location-allocation one. In addition, the solving method used in the IP-solvers converges much faster. On the contrary to common heuristics, this approach enables determination of a lower bound of the optimal objective function value and there

it is possible to decrease the gap between the lower and upper bounds and to evaluate the accuracy of the obtained result. As concerns the quality of resulting solution, it must be noted, that its accuracy depends on suitable determination of so-called dividing points, which define homogenous set of radii for each user and thus approximate the network distances or any other form of users disutility. Thus, the way of disutility range partitioning plays a very important role in the approximate approach [15], [16]. Within this paper, we study the radial approach and explore its accuracy sensitivity. The main goal of this study is to analyze the dependency of the solution accuracy on the number of used dividing points. We give an overview of numerical results to prove the usefulness of suggested approximate technique and suggest a proper number of dividing points, which brings a good solution in a short time. To obtain both exact and approximate solution of tested benchmarks, the optimization software Xpress-IVE was used.

The remainder of this paper is organized as follows: The following section contains the basic definition of the weighted p -median problem with standard min-sum quality criterion described by the location-allocation formulation. The third section is devoted to a concise description of the radial approach based on dividing points. Then, the dividing point deployment is studied and the mathematical model minimizing the total deviation between real distance values and their approximations is reported. The fifth and sixth sections are devoted to computational study performed with selected self-governing regions of Slovak Republic and to concluding remarks containing also future research goals.

II. LOCATION-ALLOCATION APPROACH

The public service system design problem with minimal total users' disutility is often formulated as a task of location of at most p service centers (p is a positive integer value) from given set so that the sum of individual disutility values of each user coming only from the nearest located service center is minimal. Thus, the standard approach takes into consideration the average system user.

To describe the above-mentioned problem by means of mathematical programming, let the symbol I denote the set of possible service center locations (service providers). Here, it is assumed that all service centers have equal setup cost and enough capacity to serve all users. Furthermore, let J be used to define the set of possible users' locations (service recipients). Each user location is represented by a specific point. The symbol b_j denotes the number of users sharing the location $j \in J$. The disutility for a user at the location j following from the possible center location i is denoted as non-negative d_{ij} . This problem is also known as the weighted p -median problem, which is broadly discussed in [1], [10], [11], [14], [15] from the viewpoint of solving techniques suggested for huge instances. Under presented assumptions, we can state the problem as follows:

$$\text{Minimize } \left\{ \sum_{j \in J} b_j \min \{ d_{ij} : i \in I_1 \} : I_1 \subset I, |I_1| \leq p \right\} \quad (1)$$

The symbol I_1 denotes a subset of the set I of all possible service center locations. To formulate the location-allocation

model of this problem with linear objective function, the following decisions must be modeled by variables introduced below.

The basic decisions in any solving process of the weighted p -median problem concern the location of service centers at the network nodes from the set I so that the sum of user disutility contributions is minimal and the number of located centers does not exceed the value of p . To model this decision at particular location, we introduce a zero-one variable $y_i \in \{0, 1\}$, which takes the value of 1, if a center should be located at the location i , and it takes the value of 0 otherwise. In addition, the allocation variables $z_{ij} \in \{0, 1\}$ for each $i \in I$ and $j \in J$ are introduced to assign a user located at j to a possible service center location i by the value of 1. To meet the problem requirements, the decision variables y_i and also the allocation variables z_{ij} have to satisfy the following constraints. Thus, the location-allocation model can be formulated by (2) - (7).

$$\text{Minimize } \sum_{j \in J} b_j \sum_{i \in I} d_{ij} z_{ij} \quad (2)$$

$$\text{Subject to: } \sum_{i \in I} z_{ij} = 1 \quad \text{for } j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} y_i \leq p \quad (4)$$

$$z_{ij} \leq y_i \quad \text{for } i \in I, j \in J \quad (5)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \text{for } i \in I \quad (6)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\} \quad \text{for } i \in I, j \in J \quad (7)$$

In the above model, the objective function (2) minimizes the sum of disutility values between the system users and the nearest located service centers. The allocation constraints (3) ensure that each system user is assigned to exactly one possible service center location. Link-up constraints (5) enable to assign a user located at j to a possible center location i only if the service center is located at this location and the constraint (4) bounds the number of located service centers by p . The problem described by terms (2) - (7) can be rewritten to a form acceptable by a modeler of integrated optimization environment and solved by the associated IP-solver.

This location-allocation approach, which takes into account the average system user, is interesting, because it may lead to such system design that is not fair to all users of the system. Even if the average disutility is minimal, the distance of the worst situated users to the nearest located service center may be extremely high. Consider the following example: If an emergency medical service system is designed, there is usually given some time limit to achieve the afflicted patient. If an ambulance comes to a patient with heart attack later than within 15 minutes, then the possibility of surviving rapidly decreases. Therefore it is necessary to take into account mainly those users, whose system disutility is higher. Here we suggest a modification of the objective function (2), where the disutility values d_{ij} are replaced by coefficients c_{ij} defined as follows. Let D_{max} represent the mentioned limit (time, distance or other quantitative value). If the disutility d_{ij} is lower than or equal to D_{max} , then the coefficient c_{ij} equals to 0, otherwise we set c_{ij} to

the former value of d_{ij} . Then the modified objective function takes the form of (8). Here the optimality criterion combines the requirements of effectiveness and fairness together.

$$\text{Minimize } \sum_{j \in J} b_j \sum_{i \in I} c_{ij} z_{ij} \quad (8)$$

The associated solving algorithm tries to cover all system users by centers located near enough (particular disutility values do not exceed D_{max}) and if it is not possible, then the service centers are located as near as possible.

III. RADIAL FORMULATION

The radial formulation of the p -median problem has appeared in two different versions. One of them [14] is based on the systems of radii, where each users' location has a unique system, and an individual radius corresponds with some concrete distance between the users' location and some possible location of a service center. Our approach is based on the second version [11], [15], where the range of all considered distances is partitioned by so-called *dividing points*, and an individual radius corresponds with the position of a dividing point. In this version, the same system of radii is applied to each users' location. In the radial formulation, we use the above-introduced notation. As above, the variable $y_i \in \{0, 1\}$ models the decision of service center location at $i \in I$.

Presented approximate approach is based on the relaxation of the assignment of a service center to a system user [11], [15]. Information about the number of service centers located in a given radius from the given users' location is used instead of formalized knowledge of the nearest located service center. We use the fact that there is only a finite number of various distance (disutility) values in the matrix $\{d_{ij}\}$, which can enter the optimal solution of the associated weighted p -median problem. Note that none of the largest, second largest and so on up to $p - 1$ largest distances from given users location j to the set of all possible service center locations can be contained in any optimal solution. Let the mentioned set of $m + 1$ different distance values form an increasing sequence $d_0 < d_1 < \dots < d_m$. Without any loss of generality, we can assume that d_0 is equal to zero; in the opposite case, we can reduce each item of the matrix subtracting the minimal value. To obtain the upper approximation of the original objective function value, the range $[d_0; d_m]$ of all possible $m + 1$ distances is partitioned into $v + 1$ zones. The zones are separated by a finite ascending sequence of the *dividing points* D_1, D_2, \dots, D_v , which are chosen from the values $d_1 < d_2 < \dots < d_{m-1}$. Let us denote $D_0 = d_0$ and $D_{v+1} = d_m$. Then the zone s corresponds with the interval $(D_s, D_{s+1}]$ for $s = 0 \dots v$. The length of the s -th interval is denoted by e_s . In addition to the location variables y_i , the auxiliary zero-one variables x_{js} for $s = 0 \dots v$ are introduced. The variable x_{js} takes the value of 1, if the distance of the users' location $j \in J$ from the nearest located service center is greater than D_s , and this variable takes the value of 0 otherwise. Then the expression $e_0 x_{j0} + e_1 x_{j1} + \dots + e_v x_{jv}$, constitutes the upper approximation of the distance d_{j*} from the users' location j to the nearest located service center. If the disutility d_{j*} belongs to the interval $(D_s, D_{s+1}]$, then the value of D_{s+1} is the upper estimation of d_{j*} as it is shown in the following figure.

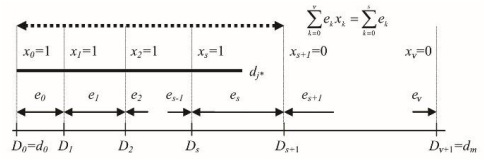


Figure 1. Upper approximation of d_{j*} using zone widths e_s and auxiliary variables x_{js} . The upper approximation of d_{j*} is denoted by thick dotted line at the top of figure.

Similarly to the covering model, we introduce a constant a_{ij}^s for triple $[i, j, s]$, where $i \in I, j \in J$ and $s \in [0 \dots v]$. The constant a_{ij}^s is equal to 1, if the disutility d_{ij} between the users' location j and the possible service center location i is less than or equal to D_s , otherwise a_{ij}^s is equal to 0. Then the radial weighted covering model can be formulated according to [15], [12] as follows.

$$\text{Minimize } \sum_{j \in J} b_j \sum_{s \in V} e_s x_{js} \quad (9)$$

$$\text{Subject to: } x_{js} + \sum_{i \in I} a_{ij}^s y_i \geq 1 \quad \text{for } j \in J, s \in V \quad (10)$$

$$\sum_{i \in I} y_i \leq p \quad (11)$$

$$x_{js} \geq 0 \quad \text{for } j \in J, s \in V \quad (12)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \text{for } i \in I \quad (13)$$

The objective function (9) gives the upper bound of the sum of the original disutility values from users' locations to the located service centers. The constraints (10) ensure that the variables x_{js} are allowed to take the value of 0, if there is at least one center located in the radius D_s from the users' location j . As the minimization process applied on (9) pushes all included variables x_{js} down to the zero value and each of these variables is limited from below either by the value of one or by the value of zero according to (10), the variable x_{js} can get only one of these values unless obligatory 0-1 constraints must be included into the model. The constraint (11) limits the number of located service centers by the integer p .

To obtain a lower bound of the original problem optimal solution, we can use the above found dividing points and the associated zone widths, and express the lower bound of d_{j*} as $e_0 x_{j1} + e_1 x_{j2} + \dots + e_v x_{jn}$.

Since the approximate radial approach to the weighted p -median problem described by the expressions (9) - (13) provides only a lower or an upper approximation of the original objective function (2), the corresponding real objective function value must be computed according to (14) based on the vector y of location variables y_i for $i \in I$.

$$\text{Obj}F(y) = \sum_{j \in J} b_j \min \{d_{ij} : i \in I, y_i = 1\} \quad (14)$$

IV. SELECTION OF DIVIDING POINTS

The deployment of the dividing points D_1, D_2, \dots, D_v plays a very important role in the whole radial approach to the weighted p -median problem. It must be realized, that the number v of dividing points influences the size of the radial model (9) - (13) as concerns either the number of variables x_{js} , which are introduced for each users' location $j \in J$ and each zone s , or the number of the constraints (10). Obviously, only limited number v of the dividing points D_1, D_2, \dots, D_v can be used to keep the size of the radial model (9) - (13) in a solvable extent. This restriction impacts the deviation of the approximate solution from the exact one. On the other hand, the smaller the number of dividing points is, the bigger inaccuracy afflicts the approximate solution [15]. Note, that the dividing points can be chosen only from the finite set of values $d_0 < d_1 < \dots < d_m$, where $D_0 = d_0$ and $D_{v+1} = d_m$. Let us focus now on the problem of the efficient deployment of the given number v of dividing points from the set $d_0 < d_1 < \dots < d_m$.

The selection of dividing points is based on a simple idea. Let any value d_h from the sequence $d_0 < d_1 < \dots < d_m$ have a frequency N_h of its occurrence in the matrix $\{d_{ij}\}$. If there were only v different values between d_0 and d_m , we could determine the dividing points D_1, D_2, \dots, D_v , so that they would be equal to these values. Then we could obtain the exact solution by the covering model described by the terms (9) - (13). Otherwise, the disutility d_{j^*} between a users' location j and the nearest located service center can be only estimated taking into account that it belongs to the interval $(D_s, D_{s+1}]$ given by a pair of dividing points.

In the recent approach suggested in [15], we start from the hypothesis that the disutility d_h from the sequence $d_0 < d_1 < \dots < d_m$ occurs in the resulting solution of the weighted p -median problem exactly n_h times and that is why the deviation of this disutility value from its approximation encumbers the total deviation proportionally to n_h , where $n_h \leq N_h$. When the disutility d_{j^*} between a users' location j and the nearest located service center is estimated by some upper estimation, the nearest bigger dividing point D_{s+1} is used. The dividing point serves as the upper estimation for each disutility value from the sequence $d_0 < d_1 < \dots < d_m$ which belongs to the interval $(D_s, D_{s+1}]$. It means that if the estimated disutility is d_h , then the deviation from the upper bound is $D_{s+1} - d_h$. If n_h is the anticipated frequency of the disutility d_h in the unknown optimal solution, then the difference $D_{s+1} - d_h$ encumbers the resulting deviation n_h times. Hence, the contribution of d_h estimation to the total deviation is $n_h (D_{s+1} - d_h)$. Generally, the maximal deviation of the upper estimation D_{s+1} of any disutility d_h from the interval $(D_s, D_{s+1}]$ is $D_{s+1} - D_{s1}$, where D_{s1} is the smallest element of the set $d_0 < d_1 < \dots < d_m$, which belongs to this interval. If we were able to anticipate a frequency n_h of each d_h in the unknown optimal solution, we could minimize the total deviation of the upper approximation from the unknown optimal solution by convenient deployment of dividing points. Let us introduce zero-one variables u_{ht} for each possible position t of the dividing point d_t ($t = 1 \dots m$) and for each possible position h of the preceding value d_h ($h = 0 \dots t$). If the disutility value d_h belongs to the interval ending by the dividing point d_t , then the variable u_{ht} takes the value of 1, otherwise 0. If u_{ht} is equal to one, then the disutility d_t

corresponds with the dividing point. Then, the dividing points for the upper approximation follow from the optimal solution of the problem described by (15) - (19).

$$\text{Minimize } \sum_{t=1}^m \sum_{h=1}^t (d_t - d_h) n_h u_{ht} \quad (15)$$

$$\text{Subject to: } u_{(h-1)t} \leq u_{ht} \quad \text{for } t = 2 \dots m, h = 2 \dots t \quad (16)$$

$$\sum_{t=h}^m u_{ht} = 1 \quad \text{for } h = 1 \dots m \quad (17)$$

$$\sum_{t=1}^{m-1} u_{ht} = v \quad (18)$$

$$u_{ht} \in \{0, 1\} \quad \text{for } t = 1 \dots m, h = 1 \dots t \quad (19)$$

The link-up constraints (16) ensure that the disutility value d_{h-1} belongs to the interval ending with d_t only if each other disutility between d_{h-1} and d_t belongs to this interval. Constraints (17) assure that each disutility value d_h belongs to some interval and the constraint (18) enables only v dividing points to be chosen. After the problem (15) - (19) is solved, the nonzero values of u_{ht} indicate the disutility values d_t corresponding with dividing points. The associated solving technique consists of the estimation of the relevance n_h , solving the dividing points deployment problem (15) - (19) and then the radial-type weighted covering model (9) - (13).

A. Disutility Value Relevance

This subsection is devoted to the disutility relevance, which was introduced in the previous section as a conditional assumption for the dividing points deployment. Generally, the disutility relevance n_h for d_h , where $h = 0, 1 \dots m$, expresses the strength of our expectation that the disutility d_h will be a part of the unknown optimal solution, which is searched for. It is necessary to take into account that the frequential analysis of the matrix $\{d_{ij}\}$ resulting in the sequence N_h does not provide us the required information, because it reports only on the elements contained in the matrix $\{d_{ij}\}$. For example, if $p > 2$, then the biggest value of the j -th column will be never included into the optimal solution of the weighted p -median problem. Therefore we have suggested and explored several ways of the disutility relevance estimation.

In the basic way of the disutility relevance estimation introduced in [15] we started with the frequency N_h of d_h occurrence in the matrix $\{d_{ij}\}$. When computing the values of N_h , only $|I| - p + 1$ smallest distances of each matrix column were included. The resulting relevance was set to the value n_h given by the expression (20), where T is a positive shaping parameter. Thus the frequency n_h of d_h may be proportional to N_h and to some weight which decreases with the increasing value of d_h .

$$n_h = N_h e^{-\frac{d_h}{T}} \quad (20)$$

Another approach to the relevance was studied in [16]. It uses the column ranking evaluation $L_j^p(d_{ij})$ of the disutility value d_{ij} and the relevance n_h is defined according to (21).

$$n_h = L_h^{rs}(d_h) = \sum_{j \in J} \sum_{\substack{t \in I \\ d_h = d_{ij}}} L_j^{rs}(d_{ij}) \quad (21)$$

The linear column ranking function $L_j^{rs}(d_{ij})$ is defined as follows: Let $P_j(d_{ij})$ be the position of d_{ij} in the ascending sequence of the j -th column items of the disutility matrix $\{d_{ij}\}$ and let a denote the cardinality of I . Then $L_j^{rs}(d_{ij}) = a + s * (1 - P_j(d_{ij}))$ for $P_j(d_{ij}) < a + 1 - t$ and $L_j^{rs}(d_{ij}) = 0$ otherwise. The parameters t and s represent a *threshold* and a *step* respectively. The *threshold* influences the number of $t - 1$ largest disutility values of the j -th column, which are not taken into account and the *step* gives the difference between the contributions of the k -th and $(k - 1)$ -th item of the ascending sequence of the j -th column items. The parameter t can vary over the range $[p, a - 1]$ of integers, and the step s can take values from the interval $[0, a / (a - t)]$. This ranking expression of the relevance can be modified using the exponential reduction. Then, the associated relevance n_h is defined in accordance to (22).

$$n_h = L_h^{rs}(d_h) e^{-\frac{d_h}{T}} \quad (22)$$

The last suggested approach to the disutility relevance estimation, which seems to be the most promising, can be denoted as “*shifted exponential approach*” [12]. This method comes from the exponential approach reported in [15], but it takes into account that the slope of the exponential function is too steep in the neighborhood of zero disutility and that the relevant disutility values can be sparsely distributed in this neighborhood. To avoid the groundless reduction of the relevant disutility values, we moved the exponential function to the range of biggest disutility values. The shifted exponential approach computes the relevance n_h according to (23).

$$n_h = N_h g(h) \quad (23)$$

The function $g(h)$ is equal to 1 for each $h \leq h_{crit}$ and it is defined by (24) for $h > h_{crit}$.

$$g(h) = e^{-\frac{h - h_{crit}}{T}} \quad (24)$$

The constant h_{crit} is a parameter of the approach called “*critical value*”, which can be determined according to the expression (25).

$$h_{crit} = \min \left\{ h \in Z^+ : \sum_{u=0}^h N_u \geq \frac{\sqrt{|I|}}{p} \sum_{t=0}^m N_t \right\} \quad (25)$$

All presented approaches to the disutility relevance estimation have been compared from the viewpoint of solution accuracy for given constant number ν of dividing points. According to the results published in [12], the most suitable approach proved to be the “*shifted exponential*” one. Therefore we use this way of relevance estimation in our computational study, which is aimed at the exploration, how the number of dividing points influences the solution accuracy and the computational time of the radial approach to the weighted p -median problem.

We have introduced an approximate covering method for public service system design problem with the shifted exponential estimation of the disutility relevance. The main goal of this chapter is to verify the effectiveness of suggested radial method and based on numerical experiments suggest a proper number of dividing points to obtain acceptable solution of real location problems.

All experiments were performed using the optimization software FICO Xpress 7.7 (64-bit, release 2014). The associated code was run on a PC equipped with the Intel Core i7 2630 QM processor with the parameters: 2.0 GHz and 8 GB RAM. Particular settings of the parameter ν , which defines the number of dividing points D_1, D_2, \dots, D_ν , were tested on the pool of benchmarks obtained from the road network of Slovak Republic. The instances are organized so that they correspond to the administrative organization of Slovakia. The original problem comes from real emergency medical service system, where given number of ambulance stations should be deployed in the region to ensure the rescue service for the associated population. For each self-governing region, i.e. Bratislava (BA), Banská Bystrica (BB), Košice (KE), Nitra (NR), Prešov (PO), Trenčín (TN), Trnava (TT) and Žilina (ZA), all cities and villages with corresponding number of inhabitants b_j were taken. The constants b_j were rounded up to hundreds. The number of possible service center locations $|I|$ is the same as the number of user locations $|J|$ in all solved instances. It means that each community (even the smallest) may represent a possible service center location. Here we assume that each possible location of a service center has enough capacity to serve all users. The network distance from a users’ location to the nearest located service center was taken as an individual users’ disutility. The size of the set I for each self-governing region is shown in the Table I.

TABLE I. SIZE OF TESTED BENCHMARKS FOR SELF-GOVERNING REGIONS

Abbreviation	Self-governing region	Possible service center locations
BA	Bratislava	87
BB	Banská Bystrica	515
KE	Košice	460
NR	Nitra	350
PO	Prešov	664
TN	Trenčín	276
TT	Trnava	249
ZA	Žilina	315

For each size of the set I , 11 different instances were solved. These instances differ in the value of parameter p , which limits the number of located service centers. The value of p was set in such a way, that the ratio of $|I|$ to p equals 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50 and 60 respectively. To enrich the set of benchmarks, one additional problem was solved. The public service system was designed also for the whole Slovakia, where the cardinality of the set I representing the possible service center locations takes the value of 2916. Here, the value of parameter p was set to the value of 273. This

number corresponds to the real emergency medical service system in our country.

An individual experiment was organized so that each instance was solved exactly by the location-allocation approach described by the model (2) - (7). This solution (objective function value) was taken as a referential, to which the other results obtained by the approximate radial approach with different number ν of dividing points were compared. Of course, it is not standard to compare the exact and approximate approaches, but it must be noted, that both methods use the same optimization environment equipped with the branch-and-bound method for integer programming problems. Furthermore, the exact solution is used here to evaluate the quality of the solution obtained by the approximate approach. Since the covering model provides only the approximation (upper bound) of the former objective function value, its real value must be computed according to the values of location variables y_i , where $i \in I$ and the disutility matrix $\{d_{ij}\}$. Mathematical formulation of the corresponding real objective function can be expressed by (14). The accuracy of the solution can be generally evaluated by *gap* defined as follows: Let *ES* denote the objective function value of the exact solution computed by the location-allocation model (2) - (7) and let *CS* denote the objective function value of the approximate covering solution obtained by the expression (14) for the result of the model (9) - (13). Then the gap expresses the difference between these two values in percentage of the exact solution, what can be formulated by the expression (26).

$$\frac{|CS - ES|}{ES} * 100 \tag{26}$$

Comparison of the location-allocation approach to the radial method with different number ν of dividing points on the self-governing region of Žilina is reported in the Table II. The computational time is given in seconds and the gap is expressed in percentage of the exact solution.

TABLE II. RESULTS OF NUMERICAL EXPERIMENTS FOR THE SELF-GOVERNING REGION OF ŽILINA WITH 315 POSSIBLE SERVICE CENTER LOCATIONS

p	Exact	Radial approach with dividing points					
		$\nu = 10$		$\nu = 20$		$\nu = 30$	
		Time	Gap	Time	Gap	Time	Gap
158	5.17	0.41	0.49	0.45	0.00	0.76	0.00
105	5.17	0.45	0.86	0.61	0.00	0.92	0.00
79	5.91	0.67	1.80	0.66	0.00	0.99	0.00
63	5.53	0.74	1.47	0.66	0.00	1.12	0.00
32	5.33	0.67	0.50	0.80	0.11	0.96	0.00
21	5.17	0.78	0.42	1.14	0.13	1.36	0.36
16	5.34	0.94	0.23	1.41	0.06	1.63	0.06
11	5.42	1.28	0.00	1.91	0.00	2.36	0.00
8	5.63	1.30	0.00	1.66	0.00	2.67	0.00
6	5.25	1.33	0.00	2.03	0.00	2.88	0.00

Since the detailed results for other self-governing regions had similar characteristics as was obtained for the region of Žilina, we report only selected instances for the other regions in the Table III. The value of parameter p in the selected instances

was chosen so that it corresponds to the original set of problems from real emergency medical service system (the ratio of $|I|$ to p takes the value around 10). The table contains only the values of gap for different number ν of dividing points.

TABLE III. TABLE OF GAPS FOR THE SELF-GOVERNING REGIONS OF SLOVAKIA FOR DIFFERENT NUMBER OF DIVIDING POINTS

	$|I|$	p	Gap in percentage of the exact solution				
			$\nu = 10$	$\nu = 15$	$\nu = 20$	$\nu = 25$	$\nu = 30$
BA	87	9	5.68	1.97	1.97	0.00	0.00
BB	515	52	1.32	0.46	0.02	0.00	0.00
KE	460	46	1.01	0.78	1.00	0.00	0.00
NR	350	35	1.20	0.46	0.00	0.00	0.00
PO	664	67	0.86	0.19	0.00	0.00	0.00
TN	276	28	1.29	1.17	1.13	0.08	0.00
TT	249	25	0.17	0.30	0.00	0.00	0.00
ZA	315	32	0.50	0.27	0.11	0.00	0.00

The studied impact of the number ν of dividing points on the solution accuracy can be clearly understood from the Figure 2. There are two different results for each number of dividing points. The red one corresponds to the average gap for the self-governing regions of Slovakia (note, that for each self-governing region 11 instances with different value of parameter p were solved) and the green value represents the result obtained for the whole Slovakia. The number ν of dividing points varied from 5 to 40 and this value kept increasing by 5.

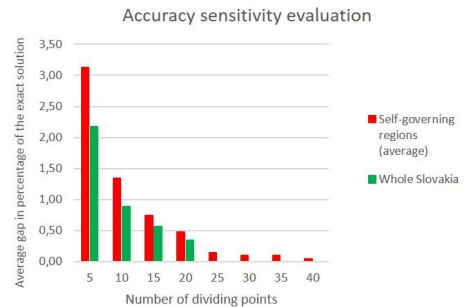


Figure 2. Accuracy evaluation for different number of dividing points

The reported results prove, that the accuracy of the obtained solution grows with increasing number of dividing points. In other words, the value of *gap* decreases and if the number of dividing points is high enough, then the radial approach brings the exact solution of the weighted p -median problem. From this point of view we can conclude, that the better choice is to select high number of dividing points to achieve a good solution. But it is not as easy as it seems to be. Let us now focus on the computational time.

It must be realized, that the radial model described by the expressions (9) - (13) contains the auxiliary variables x_{js} , which are defined for each user location $j \in J$ and each zone s , where

$s = 0, 1 \dots v$. Thus the number v of dividing points defines the homogenous system of zones and directly impacts the model size as concerns the number of variables and structural constraints as well. On the contrary to the dependency of *gap* on increasing number of dividing points, we assume here the opposite case. It means, that with increasing number of dividing points, the model size grows and that is why we expect higher computational time. If the solved instances are not very big as concerns the cardinality of the set I (like the self-governing regions of Slovakia), then the number of dividing points does not play as important role in computational time as in bigger instances, because the difference in the model size for different value of v is not very high. Therefore we focus here on large instance given by the whole road network of Slovakia. The dependency of the computational time on the value of v is shown in the Figure 3. As above, the number v of dividing points varied from 5 to 40 and this value kept increasing by 5.

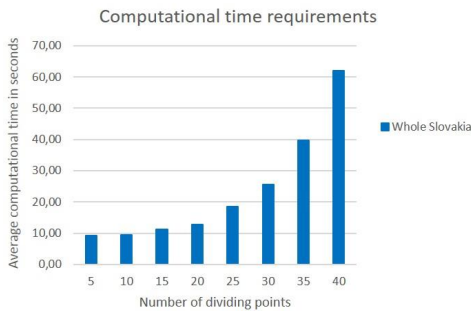


Figure 3. Computational time of the radial approach for different number of dividing points. Used benchmark: the whole Slovakia ($|J| = 2916, p = 273$)

According to the reported results, it is obvious that the number v of dividing points significantly influences not only the accuracy of the solution obtained by the presented radial method, but also the computational time. It can be noticed in the Table II and Table III that for $v = 15, 20$ the values of *gap* drop below 1 percent, which represents satisfactory accuracy. Contrary to the progress of *gap*, behavior of the computational time value non-linearly grows with increasing number v of dividing points. On average, we can state that the stronger slope of the dependency starts roughly above the value $v = 20$. To analyze the behavior of two opposite dependencies on the benchmark of the whole Slovakia, we computed ratio of computational time to *gap* to express the value of one percent *gap* accuracy in time units. We computed the average values for each number v of dividing points, performed scaling of these results, named them as "Scaled time/gap" and plotted them in the Figure 4. Used scaling consists in linear mapping of the obtained values to the interval $[0, 10]$, where the lowest value of the result corresponds with the value of 0 and the biggest result corresponds to the value of 10. The same scaling was applied on average *gaps* computed separately for each number of dividing points.

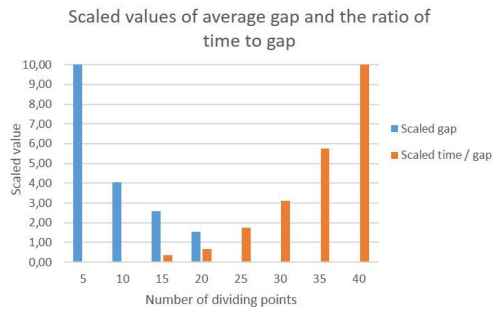


Figure 4. Scaled values of average gap and the ratio of time to gap for different number of dividing points for the benchmark of the whole Slovakia ($|J| = 2916, p = 273$)

Based on reported results we can confirm that the number of 20 dividing points is a suitable choice of this parameter. It was shown that this setting keeps the model of solved problems in tolerable size, which issues in acceptable computational time of the radial method. Furthermore, the number of 20 dividing points proved to be suitable to achieve satisfactory accuracy of the result.

VI. CONCLUSIONS

In this paper a radial model with shifted exponential approach to the disutility relevance estimation was presented. The main contribution consists in analyzing of the dependence of the solution accuracy on the number of dividing points. It must be realized that the number of zones used in the disutility approximation does not influence only the size of the radial model, but it directly affects the accuracy of the result and also the computational time. To explore the accuracy sensitivity on the number of dividing points, we have suggested a set of numerical experiments on medium-sized benchmarks. Based on reported results we can conclude, that the suitable compromise between the computational time and the solution accuracy can be achieved by using 20 dividing points.

Further research in this field can be aimed at generalization of the homogenous radial approach to such problems that assume providing service to any user from more than one located center. Another topic consists in alternative formulations of presented models based on the radial approach with the goal to determine the dividing points in such a way that enables to obtain the exact solution of the problem.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by the research grants VEGA 1/0518/15 "Resilient rescue systems with uncertain accessibility of service", VEGA 1/0463/16 "Economically efficient charging infrastructure deployment for electric vehicles in smart cities and communities" and by the project University Science Park of the University of Žilina (ITMS: 26220220184) supported by the Research & Development Operational Program funded by the European Regional Development Fund.

REFERENCES

- [1] Doerner, K.F., Gutjahr, W.J., Hartl, R.F., Karall, M., Reimann, M.: Heuristic Solution of an Extended Double-Coverage Ambulance Location Problem for Austria, *Central European Journal of Operations Research*, Vol. 13, No 4, pp. 325-340, (2005)
- [2] Jánošíková, L.: Emergency Medical Service Planning, *Communications - Scientific Letters of the University of Žilina*, Vol. 9, No 2, pp. 64-68, (2007)
- [3] Kvet, M., Matiaško, K.: Magnetic resonance imaging results processing: brain tumour marker value processing, *Digital Technologies 2013*: 29-31 May 2013, Žilina: University of Žilina, ISBN 978-80-554-0682-4, pp. 149-159, (2013)
- [4] Kvet, M., Matiaško, K.: Epsilon temporal data in MRI results processing, *Digital Technologies 2014*: 9-11 July 2014, Žilina: University of Žilina, ISBN 978-1-4799-3301-3, pp. 209-217, (2014)
- [5] Ingolfsson, A., Budge, S., Erkut, E.: Optimal ambulance location with random delays and travel times, *Health Care Management Science*, 11(3), pp. 262-274, (2008)
- [6] Janáček, J.: Emergency public service system design using IP-solver, *Mathematical methods and optimization techniques in engineering: proceedings of the 1st international conference on Optimization techniques in engineering (OTENG 13)*: Antalya, Turkey, October 8-10 2013, WSEAS Press, 2013, ISBN 978-960-474-339-1, pp. 97-101, (2013)
- [7] Janáček, J., Linda, B., Ritschelová, I.: Optimization of Municipalities with Extended Competence Selection, *Prager Economic Papers – Quarterly Journal of Economic Theory and Policy*, Vol. 19, No 1, pp. 21-34, (2010)
- [8] Marianov, V., Serra, D.: Location problems in the public sector, Drezner Z. et al. (ed) *Facility location: Applications and theory*. Berlin: Springer, pp. 119-150, (2002)
- [9] Current, J., Daskin, M., Schilling, D.: Discrete network location models, Drezner Z. et al. (ed) *Facility location: Applications and theory*. Berlin: Springer, pp. 81-118, (2002)
- [10] Avella, P., Sassano, A., Vasil'ev, I.: Computational study of large scale p-median problems, *Mathematical Programming* 109, pp. 89-114, (2007)
- [11] Janáček, J.: Approximate Covering Models of Location Problems, *Lecture Notes in Management Science: Proceedings of the 1st International Conference on Applied Operational Research ICAOR 08*, Vol. 1, Sept. 2008, Yerevan, Armenia, pp. 53-61, (2008)
- [12] Janáček, J., Kvet, M.: Public service system design with disutility relevance estimation, *Proceedings of the 31st international conference Mathematical Methods in Economics*, Sept. 11-13, 2013, Jihlava, Czech Republic, ISBN 978-80-87035-76-4, pp. 332-337, (2013)
- [13] Janáčková, M., Szendreyová, A.: An impact of set of centres of distribution system design problem on computational time of solving algorithm, Mikulski J. (ed) *Advances in Transport Systems Telematics*, Katowice, pp. 109-112, (2006)
- [14] García, S., Labbé, M., Marín, A.: Solving large p-median problems with a radius formulation, *INFORMS Journal on Computing* 23 (4), pp. 546-556, (2011)
- [15] Janáček, J., Kvet, M.: Approximate solving of large p-median problems, *Operational research peripatetic post-graduate programme: Cádiz, Spain*, Sept. 13-17, 2011, Cádiz: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz, 2011, ISBN 978-84-9828-348-8, pp. 221-225, (2011)
- [16] Janáček, J., Kvet, M.: Relevant Network Distances for Approximate Approach to Large p-Median Problems, *Operations research proceedings 2012: selected papers of the international conference on operations research*: Sept. 4-7, 2012, Hannover, Germany, Springer, ISSN 0721-5924, ISBN 978-3-319-00794-6, pp. 123-128, (2014)

Posicionamiento en interiores: Visualización de modelos virtuales 3D y diseño de su evaluación mediante métodos mixtos

Caso de estudio: Edificios patrimonio de la Humanidad y educación espacial en estudiantes de arquitectura

Indoor positioning systems: 3D virtual model visualization and design process of their assessment using mixed methods

Case study: World Heritage buildings and spatial skills for architecture students

Isidro Navarro, Oriol de Reina, Alex Rodiera, David Fonseca
GRETEL – Grup de Recerca en Enhanced Technology Learning
La Salle, Universitat Ramon Llull
Barcelona, Spain
{inavarro, gm22906, st19675, fonsi}@salle.url.edu

Resumen — El objetivo del artículo presentado es explicar el diseño de un sistema de posicionamiento interior y visualización 3D mediante tecnologías móviles y realidad virtual. Con el diseño del sistema propuesto se pretende mejorar la comprensión espacial en la visita de edificios catalogados como Patrimonio de la Humanidad, todo ello mediante tecnologías móviles y “portables”. Así mismo se pretende diseñar un sistema de evaluación mixta que permita obtener y definir la percepción del usuario, en nuestro caso el estudiante de Arquitectura o Arquitectura técnica, el cual no solo debe dominar sistemas de representación 3D sino el modelado y presentación de espacios emblemáticos.

Palabras Clave – Visualización 3D, posicionamiento en interiores; estudio de usuario; métodos mixtos; docencia arquitectónica.

Abstract — The main objective of this paper is to explain an indoor positioning system and 3D visualization using mobile technologies and virtual reality methods. With our proposal we aim to improve the comprehension of historical World Heritage buildings by using advanced visual technologies during the visit as for example wearable devices. We will design a mixed method to assess them and the user's experience, in our case the Architecture and Building Engineering degree students, in order to improve their spatial skills of this type of emblematic architectural projects.

Keywords – 3D visualization; indoor positioning system; user study; mixed method; architecture education.

I. INTRODUCCIÓN

El acceso a la cultura es un derecho universal [1], y la tecnología puede facilitar los medios para hacerlo posible. Bajo esta premisa, es relativamente fácil encontrar trabajos tanto de divulgación como de investigación centrados en el estudio de cómo se deben implementar y usar todo tipo de tecnologías en los museos [2], incluidas las móviles [3]. Todas estas propuestas las podemos clasificar en función de si se producen en un espacio real (museos y espacios expositivos) o virtual (entornos digitales accesibles desde los dispositivos móviles), partiendo del concepto que la proximidad a las obras de arte y de patrimonio se complementa con la ubicuidad de la información digital que los representa. Algunos de estos casos están centrados en la visualización de contenidos tridimensionales y otros en las experiencias tecnológicas en los espacios arquitectónicos y de exposición. En el primer caso, las plataformas on-line accesibles permiten ya interactuar desde cualquier dispositivo con los objetos de exposición para poder visualizarlos en 360 grados, encontrando sistemas que han creado de forma específica espacios y opciones para los museos como por ejemplo mediante Sketchfab [4]. Estos contenidos fácilmente se pueden enriquecer con datos y referencias que amplían el espacio del museo físico a entornos digitales que en muchos casos incluso son más accesibles para los usuarios.

Por otro lado, cada vez más los museos incluyen nuevas tecnologías en los propios espacios mediante el uso de video-guías, pantallas táctiles, proyecciones interactivas, etc. [5]. En este sentido, desde la aparición y eclosión de todo tipo de

dispositivos móviles, algunas de estas experiencias se han mezclado, dando como resultado propuestas en las que es el propio usuario quien aporta el dispositivo para completar la experiencia en el museo: métodos conocidos como BYOD (*'Bring Your Own Device'*) [6] o 'lleva tu propio dispositivo' al museo. En este tipo de propuestas, las aplicaciones móviles exhiben contenidos adicionales a los elementos físicos los cuales aportan un valor añadido a las piezas y a los edificios en sí mismos. Este enfoque no es ajeno al ámbito académico, donde podemos encontrar propuestas donde los estudiantes utilizan sus móviles y tabletas para acceder a contenidos educativos en las aulas [7].

En definitiva, el presente artículo se centra en desarrollar la configuración tanto del entorno real como de los sistemas digitales que permitan complementar un espacio real con el posicionamiento físico del usuario y a partir del mismo ofrecerle una serie de contenidos virtuales relacionados con el espacio en el cual se encuentra. El proyecto es una colaboración entre la empresa Lab4Glass encargada del diseño y gestión de todo el sistema de posicionamiento y visualización virtual y la Facultad de Arquitectura de La Salle, Universitat Ramon Llull, quien se ha encargado de diseñar los métodos de evaluación y aportar los estudiantes para que puedan evaluar el entorno creado. La capacitación de las habilidades de interpretación y representación espacial utilizando métodos tecnológicos es una de las competencias que los actuales estudiantes de Arquitectura y Arquitectura Técnica deben incorporar en sus currículos para una capacitación adecuada de cara a su integración en un marco laboral de alta complejidad debido sobre todo a la crisis derivada de la construcción. En base a este aspecto el enfoque mixto para la evaluación tanto de la tecnología como de la usabilidad y satisfacción del usuario, en nuestro caso el estudiante, es sin duda alguna uno de los aspectos más innovadores del presente artículo.

II. MARCO DE TRABAJO

Las experiencias en museos y edificios patrimoniales han centrado la atención habitualmente en la accesibilidad, la usabilidad y la calidad del contenido [8]. La mayoría de las propuestas están orientadas a personas con discapacidades, niños y personas mayores, a evaluar su facilidad de uso y la autonomía del visitante en la navegación de los contenidos, aunando estos factores para que formen una experiencia satisfactoria. Este sería el punto de partida del actual trabajo, es decir, valorar y diseñar métodos de bajo coste que permitan obtener una información complementaria de calidad en la visita de entornos arquitectónicos relevantes. A continuación, nos vamos a centrar en desarrollar los tres pilares básicos del trabajo: el posicionamiento del usuario en interiores de forma exacta mediante balizas (también conocidas como *beacon*), la visualización de contenidos 3D en dispositivos móviles con calidad fotorrealista, y la evaluación de la experiencia desde un punto de vista educativo mediante métodos mixtos.

A. Posicionamiento del usuario

La localización en interiores tiene diversos enfoques posibles, todos ellos dependientes del tipo de tecnología utilizada. Entre las tecnologías que históricamente se han utilizado para dichos fines encontramos:

- *"Motion Capture"*: Tecnología basada en la captura de movimientos mediante sistemas ópticos para su traslación a modelos digitales.
- Triangulación de celdas: basada en los niveles de señales recibidos por dispositivos móviles a partir de antenas próximas. Su mayor problema radica en la precisión en función del entorno de trabajo.
- Navegación GPS: Con una precisión alrededor de 4m dispone de diversas variantes siendo como en el caso anterior mucho más precisa en exteriores que en interiores donde su fiabilidad es escasa.
- Posicionamiento por Wi-Fi (WPS): Mejora la problemática del sistema GPS al funcionar en interiores y depende de una triangulación de la señal que emite cada router Wi-Fi como de si de un sistema de celdas se tratase. Puede ser problemático si el interior es complejo o tiene fallas de conexión.
- Posicionamiento híbrido: sistema que combinar todas o algunas de las tecnologías descritas previamente. Un ejemplo de trabajo sería el de los dispositivos Android o iOS.
- *iBeacons (Bluetooth Low Energy – BLE, o balizas)*: Sistema basado en redes personales definidas en un área concreta donde se centra la transmisión de datos en distancias cortas con poco consumo energético y de mantenimiento.

En línea con las posibles opciones comentadas previamente, los sistemas tipo BLE los cuales funcionan mediante *"Advertisements"* o anuncios emitidos en forma de *broadcast* a intervalos regulares de tiempo mediante ondas de radio, cumplen con las premisas básicas de trabajo de la propuesta: fácil instalación, coste reducido de gestión y adaptación a los contenidos a visualizar. Para la visita de un espacio de interés, la instalación de una baliza (o beacon, dispositivo que posteriormente definiremos con mayor detalle) por sala es suficiente (suelen contar con un rango de trabajo de unos 100m), y cuentan con el soporte de los principales fabricantes de móviles. En el caso de Android, este sistema dispone de un módulo llamado *"Broadcast Receivers"* que permite el envío entre aplicaciones y dispositivos de forma sencilla. Mientras que por ejemplo para dispositivos iOS se han estandarizado los diversos tipos de anuncios de los *iBeacons* de forma que encontramos:

- *UUID (Universal Unique Identifier)*: Serie de 16 bytes usado para diferenciar a un largo grupo de *iBeacons*.
- *Mayor*: Serie de 2 bytes usado para identificar a un grupo más pequeño de *iBeacons* dentro de un grupo más grande.
- *Menor*: Serie de 2 bytes usado para identificar *iBeacons* individualmente. Por ejemplo, un *iBeacon* en la entrada tendrá un *Minor* diferente que un *iBeacon* en la azotea, de manera que detectando el *iBeacon* se puede saber de dónde viene esta señal.

- Tx Power (Potencia de Transmisión): Determina la distancia, siendo Tx Power la fuerza con la que la señal se recibe justo a 1 metro del iBeacon.

En conclusión, la facilidad de adaptación de este tipo de sensores que funcionan con un simple procesador de Bluetooth, una batería y un firmware, se posicionan con fuerza como solución que se adapte a la propuesta en desarrollo, es decir, un sistema que mediante el envío de una advertencia en función de la posición del usuario le indique la necesidad de visualizar un contenido concreto.

B. TICs en educación

Sin olvidar que uno de los objetivos del proyecto es la mejora y capacitación del alumno en la representación del espacio tridimensional mediante dispositivos móviles, no podemos dejar de analizar el estado actual del sector. En el caso del ámbito de la docencia en arquitectura, construcción, diseño o ingeniería, habitualmente descrito como el sector AEC (*Architecture, Engineering and Construction*), el uso de cualquier tecnología que de forma visual ayude a la comprensión espacial del alumno es un factor de extrema importancia. De facto, ya a finales del siglo XX con la popularización de los entornos CAD (*Computer Aided Design*), y más recientemente con su evolución tecnológica representada por los sistemas BIM (*Building Information Modeling*), el sector AEC se ha posicionado como uno de los principales consumidores de tecnología 3D, tanto para la gestión, diseño como visualización de cualquier elemento proyectual [9].

Pero si bien el uso del ordenador personal se ha extendido y generalizado a todos los niveles de la enseñanza, no está ocurriendo lo mismo con otros dispositivos, como pueden ser los móviles de última generación (o Smartphones), o las tabletas, dispositivos ambos que gracias a sus elevadas prestaciones permiten la deslocalización no solo del trabajo sino de la formación, incluso con la necesidad de uso de aplicaciones complejas como las CAD/BIM. Dichos dispositivos, más ligados a un uso personal o de ocio, ofrecen posibilidades docentes que recientemente se comienzan a estudiar y que incluso vinculan su uso a un mayor rendimiento académico [10].

En la educación arquitectónica, la componente visual es uno de los aspectos más relevantes que el alumno debe dominar e interpretar correctamente [11]. Gracias al avance tecnológico y en especial el informático, a día de hoy tanto la generación de modelos tridimensionales realistas como su gestión y visualización se ha simplificado de tal forma que tanto los profesionales del sector, profesores, como alumnos ven su uso y necesidad como algo habitual [12]. Llegados al extremo de necesitar información visual interactiva en cualquier ubicación, el uso de dispositivos móviles y tecnologías como la realidad virtual o la realidad aumentada están permitiendo entender espacios virtuales superpuestos en sus ubicaciones reales, aportando informaciones, detalles y aspectos visuales que ayudan a la comprensión proyectual del espacio arquitectónico. Su uso a nivel educativo en el ámbito arquitectónico está permitiendo ampliar la información visual en estudios tan heterogéneos como la coordinación de proyectos, excavación, gestión de instalaciones, impacto

ambiental, rehabilitación, o directamente en aspectos como el ocio y el turismo [13], [14].

No obstante, y como suele suceder con casi cualquier tecnología, la adaptación de los contenidos suelen tener problemas que afectan a la interacción y la usabilidad por un lado, y de manera directa por el otro, a la apreciación de utilidad de dicha tecnología por parte del alumno, lo que degenera en una pérdida de la motivación inicial y una bajada del grado de satisfacción de dichas experiencias docentes. Sin duda estos van a ser aspectos primordiales a evaluar de la experiencia.

C. Métodos mixtos de evaluación y su aplicación en docencia

En la experimentación e investigación de hipótesis científicas en base a la respuesta del usuario, un aspecto fundamental radica en el correcto diseño de los métodos que permiten la extracción de los datos a estudiar [15]. Habitualmente, las encuestas que los alumnos realizan están diseñadas para medir la usabilidad de un sistema, su percepción en general y finalmente el grado de eficiencia, eficacia o satisfacción conseguida con el método propuesto. Las muestras por encima de los 30 usuarios suelen tratarse de forma cuantitativa, pero los enfoques cualitativos con pocos usuarios están demostrando que tienen igual o más calidad ya que los datos que se obtienen profundizan más en todos los aspectos del estudio [16] [17].

En especial, estos métodos cualitativos se utilizan en los estudios de usabilidad, los cuales están inspirados en la psicología experimental y en el paradigma hipotético-deductivo [25]. Existen otros métodos centrados en modelos psicológicos que defienden el tratamiento subjetivo del usuario en contraposición con el modelo objetivo hipotético-deductivo [18]. Llegados a este punto, queda claro que en la medida de lo posible utilizar métodos compuestos o mixtos de análisis de datos y que utilicen los puntos fuertes de los sistemas cuantitativos y de los cualitativos [19], permiten obtener de forma mucho más concreta y precisa los aspectos positivos y negativos de cualquier estudio centrado en el usuario [20].

Dicha aproximación combinada de un estudio de usuario, o mejor dicho en nuestro caso, un estudio de alumno (o de aplicación docente), es lo que posiciona el trabajo como una aproximación destacada en el campo de la innovación docente. En las encuestas cuantitativas, se obtienen resultados a preguntas previamente seleccionadas por el profesorado, de manera que el resultado queda intoxicado por el interés del encuestador. Justamente lo contrario al sistema cualitativo propuesto en el experimento, donde el alumno ha tenido la total libertad de expresar los puntos fuertes y débiles, así como su ponderación y posibles soluciones de manera que se han obtenido respuestas que, ahora sí, combinadas con los datos cuantitativos nos perfilan como mejorar el experimento en futuras iteraciones.

III. IMPLEMENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La Realidad Virtual aplicada a museos y espacios de Patrimonio es la tecnología más utilizada para reproducir contenidos de los espacios que originalmente corresponden con las piezas de exhibición o para reconstruir el patrimonio desaparecido o en claro estado de deterioro [21]. También se ha

utilizado para mostrar diseños y obras de artistas y arquitectos que nunca se materializaron y que encuentran en esta tecnología una posibilidad de ser recuperados ‘virtualmente’ [22]. Las explicaciones técnicas o procesos de creación y construcción son otros recursos muy comunes de la Realidad Virtual [23].

La localización interior se aplica para ubicar los dispositivos móviles de los visitantes y ofrecerles la información de los puntos de interés (POI – Points Of Interest) en función del contexto y el lugar exacto en el recorrido de las exposiciones o del monumento o museo (Fig. 1). Es necesario el uso de señales inalámbricas (wifi, bluetooth, etc.). Estas señales emitidas desde dispositivos ubicados estratégicamente en las salas son recibidas por los dispositivos móviles activando una acción en la aplicación. Esta acción será la que finalmente accione un contenido multimedia (audio, video, animación, modelos 3D, etc).

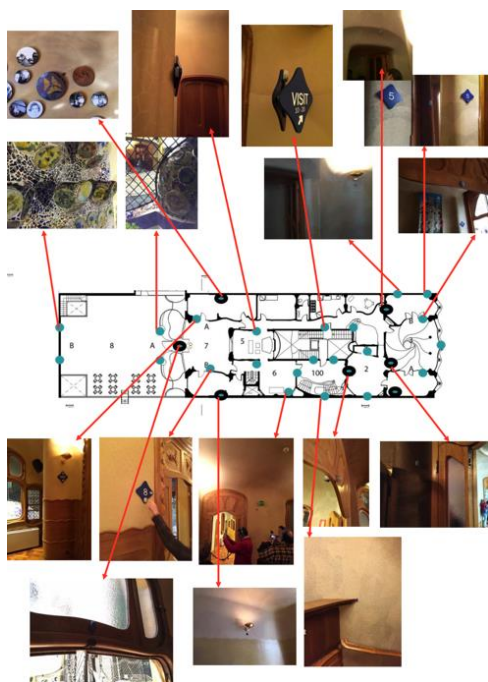


Figure 1. Localización de las balizas en el caso de estudio: Casa Batlló.

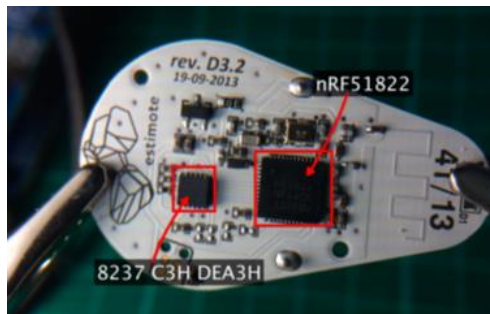


Figure 2. Ejemplo de un pie de figura (figure caption)

Para este proyecto el caso de estudio seleccionado ha sido la Casa Museo Batlló, obra de Antoni Gaudí y declarada por la Unesco como Patrimonio de la Humanidad. El objetivo es analizar el tipo de información que se ofrece en su visita mediante el uso de audio-guías y proponer un sistema que avise al usuario en cada momento en función de su posición que aspecto relevante debe tener en cuenta para visualizar un contenido adicional. Los responsables del museo detectaron que los visitantes no marcaban los números correctamente, lo que podía generar una experiencia poco satisfactoria. Con intención de mejorar esta situación, es el motivo de partida de generación de esta experiencia concreta, añadiendo el posicionamiento del usuario en la video-guía 2.0. El objetivo del sistema es sugerir el número al visitante y mostrar las imágenes sólo si su posición es la correcta. En caso contrario, la pantalla se mostraría oscurificada y sólo se activaría el audio.

Para el estudio se ha optado por tecnología de balizas (beacons) de señal Bluetooth 4.0 y el tipo de dispositivo móvil Android Sony Xperia T3. En esta etapa de la investigación, se han estudiado las balizas Estimote (Fig. 2), que aunque inicialmente no estaban pensadas para trabajar en Android se han podido programar mediante el SDK del fabricante sin problemas. Estos dispositivos montan un semiconductor nRF51822. Este chip es básicamente un módulo de memoria de 32-bit ARM Cortex M0 CPU con 256KB de memoria flash y 16KB de RAM junto a un Bluetooth LE que opera a 2.4GHz. También lleva algunos sensores de temperatura o aceleración. Según Estimote tiene un alcance de 70 metros.

Para el desarrollo de contenidos se ha trabajado con varios formatos y programas de modelado 3D y presentación de contenidos (AutoCAD, 3DStudio MAX, Revit Architecture, etc.). Adicionalmente se ha desarrollado una aplicación Android con Unity que interpreta los archivos de programación en C# y JavaScript para la configuración del posicionamiento. El posicionamiento se determinará por triangulación de los usuarios. Las señales de radiofrecuencia (tipo Bluetooth) y la potencia de las mismas, se han estudiado mediante simulación numérica de diversas variables y filtros debido a la gran oscilación de la señal. Al respecto, podemos concluir que estas oscilaciones dependen desde la orientación del usuario, a los emisores, de la geometría de los espacios, de las interferencias magnéticas, etc. Todos ellos son factores que alteran la intensidad de las señales y por lo tanto, se tendrán en cuenta para un cálculo por aproximación (Fig. 3).



Figure 3. Localización interior por simulación numérica en Casa Batlló.

La casa-museo Casa Batlló dispone actualmente de video-guía que muestra 20 puntos de interés del recorrido de la visita mediante dispositivos móviles tipo Sony Xperia T3 con la aplicación instalada de la visita. La aplicación incluye un menú con números que corresponde a los lugares en la casa marcados con un rótulo en la pared con el mismo número (Fig. 4). Al seleccionar el número correspondiente a la sala, aparece una imagen virtual de 360° mostrando el mismo espacio con el mobiliario de la época y animaciones digitales incrustadas (Fig. 5).

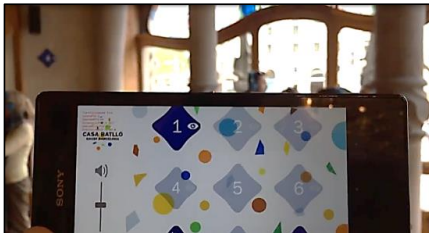


Figure 4. Indicaciones en el menú por localización.

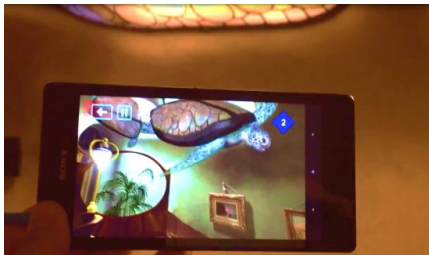


Figure 5. Contenidos virtuales seleccionados en un punto concreto por localización.

IV. DISEÑO ESTUDIO DE USUARIO

Tal y como hemos comentado previamente, se ha diseñado un enfoque mixto con el fin de trabajar tanto con datos cuantitativos como cualitativos. Este enfoque nos debe ayudar a una mejor comprensión de los datos recogidos en el experimento docente y dado el enfoque, corregir cualquier problema derivado de la muestra en especial con los datos cuantitativos.

Desde el punto de vista cuantitativo hemos trabajado a partir de la norma de usabilidad ISO-9241, la cual indica que lo normal es recoger al menos una medida de cada uno de los criterios de eficacia, eficiencia y satisfacción. No existen a tal efecto reglas generales para elegir y combinar dichas medidas, ya que dependerá de la importancia relativa que se dé a cada indicador y del contexto de utilización. En este aspecto hay que recordar que:

- Eficacia: medidas que comparan los objetivos del usuario con la precisión y el grado de consecución.
- Definimos como Eficiencia las medidas que comparan el nivel de eficacia alcanzado con los recursos empleados para ello, siendo estos recursos el esfuerzo físico o mental, el tiempo, los costes materiales, financieros, etc.
- Finalmente, la Satisfacción mide hasta qué punto los usuarios están libres de incomodidad, así como su actitud respecto a la utilización del producto.

El test creado para medir estos factores se puede observar en la Table 1. Por otro lado, y para obtener una información libre del usuario sobre el proceso diseñado, y totalmente subjetiva sin ningún tipo de guía como se podría considerar el test cuantitativo, realizaremos un enfoque cualitativo basado en el BLA (Bipolar Laddering Assessment) [24]. El BLA consiste en la realización de tres pasos: El listado de elementos (se inicia a partir de una plantilla en blanco donde se separarán los aspectos positivos y negativos); La valoración de los elementos (a continuación se le preguntará al alumno para que valore de 0 a 10 cada uno de los elementos); Y finalmente se pasa a preguntar por una justificación de cada uno de los elementos citados mediante una técnica de etiquetado: ¿Por qué es un elemento positivo?, ¿Por qué le has valorado con dicha puntuación?. A continuación se pregunta al alumno por una solución para el problema que ha descrito en caso de elementos negativos, o una mejora para el caso de los elementos positivos si estos no han llegado a la puntuación máxima. A partir de los resultados obtenidos se polarizan los elementos en base a dos criterios:

- Elementos positivos / negativos: se diferencian aquellos elementos percibidos como puntos fuertes de la experiencia, de los percibidos como negativos.
- Elementos comunes / particulares: se colocan los elementos tanto positivos como negativos que se han repetido en las respuestas de los estudiantes (comunes), y las respuestas que solo ha mencionado uno (particulares).

TABLE I. TEST DE USABILIDAD. E1: EFICACIA, E2: EFICIENCIA, S1: SATISFACCIÓN, TODOS ELLOS VALORADOS EN UNA ESCALA LIKERT DE 1 A 5

Variab. Usabil.	Preguntas del test
E1-1	El dispositivo de visita es adecuado para la visita
E1-2	Es fácil manipular la navegación por la aplicación
E1-3	La calidad de los contenidos multimedia presentados es adecuada y ayuda a la comprensión espacial del entorno.
E1-4	Las opciones del menú permiten la visualización clara y ordenada de los contenidos asociados a la visita
E1-5	La visualización de contenidos en base a la localización de las marcas o del dispositivo ha ayudado a la comprensión

	espacial del proyecto
E2-1	Ha sido posible el uso del dispositivo de forma autónoma
E2-2	La aplicación ha sido estable
E2-3	Ha sido posible visualizar la totalidad de los contenidos multimedia fácilmente
E2-4	El número de POIs y sus contenidos asociados han sido los adecuados para la comprensión del espacio en función del tiempo de visita
E2-5	Ha sido posible un recorrido ordenado por los POIs
S1-1	Grado de satisfacción con el uso del dispositivo móvil complementario a la visita
S1-2	Grado de satisfacción con la aplicación móvil
S1-3	Valoración global de la calidad y contenidos multimedia
S1-4	La comprensión espacial del proyecto ha sido satisfactoria a partir de los POIs seleccionados en la visita
S1-5	La visita guiada es más satisfactoria que una realizada de forma autónoma
S1-6	El uso de dispositivos móviles y visualización 3D mejora el interés, comprensión espacial y motivación por la visita
S1-7	Este tipo de tecnología (dispositivos móviles, contenidos multimedia, geo-localización) es útil en otros entornos (patrimonio, turismo, cultura, ocio, ...)
S1-8	Valoración global

Los elementos comunes con tasas de citación más elevadas son los aspectos más relevantes a utilizar, mejorar o modificar (según su signo positivo o negativo) en la metodología utilizada. Los elementos particulares, pueden ser descartados o bien tratados en fases posteriores de las mejoras a realizar.

V. CONCLUSIONES

El proyecto tiene dos fases claramente diferenciadas. En una primera se ha implementado el sistema de localización interior y visualización de contenidos mediante realidad aumentada que se solicitó por parte de los gestores de Casa Batlló a los desarrolladores del proyecto. Actualmente el sistema es funcional y está en estudio para su implantación definitiva en dicho monumento. Este proyecto ha permitido a su vez que actualmente se estén diseñando procesos similares para otros edificios patrimonio de la humanidad o en vías de clasificación como es el caso de la Sagrada Familia o la Seu Vella de Lleida. Sin duda alguna que se estén realizando estos trabajos avala la originalidad del enfoque así como la usabilidad e interés del sistema propuesto. En conclusión podemos afirmar que el diseño propuesto de visualización de contenidos en espacios interiores mediante el posicionamiento del usuario que hemos diseñado se adapta a las necesidades de este tipo de entornos museísticos.

Aprovechando un proyecto como el explicado y dada la validez que este conlleva para su uso en un ambiente docente (como el de los estudios de grado de Arquitectura y Arquitectura Técnica), donde las capacidades de representación 3D son conocimientos que dichos estudiantes deben obtener, estamos en la actualidad realizando las pruebas tanto cuantitativas como cualitativas que permitan valorar el grado de conocimiento y comprensión adquirido por los alumnos en la visita a estos edificios. El enfoque mixto diseñado y comentado en este artículo nos debe permitir en un futuro próximo evaluar la mejora que supone nuestra propuesta no solo en la vista del usuario a estos recintos, sino también el grado de comprensión adicional que puede suponer para un

usuario experto, como puede ser el profesional o estudiante de arquitectura. Al respecto se espera tener los primeros datos para analizar a lo largo del primer semestre natural del año 2016. Todo ello va ligado a la mejora de la accesibilidad [26] a lugares emblemáticos, ligando esta línea de trabajo a la primera premisa del artículo: el acceso a la cultura y el arte debe ser un bien universal.

AGRADECIMIENTOS

Desde este marco agradecer a la gerencia de la Casa Batlló su ofrecimiento a realizar el estudio que se describe y acceder a las instalaciones por parte del profesorado y el alumnado del grado de Arquitectura La Salle.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Un.org., "The Universal Declaration of Human Rights", United Nations. [Consulta 5/01/2016], from <http://www.un.org/en/universal-declaration-human-rights/> 2016.
- [2] R. E. Grinter, et al. "Revisiting the visit: understanding how technology can shape the museum visit." Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work. ACM, 2002.
- [3] L., Shu, "Van Gogh vs. Candy Crush: How museums are fighting tech with tech to win your eyes". Digital Trends. [Consulta 5/01/2016], from <http://www.digitaltrends.com/cool-tech/how-museums-are-using-technology/>, 2015.
- [4] Sketchfab, "Sketchfab for Museums and Cultural heritage" - Sketchfab. [Consulta 5/01/2016], from <https://sketchfab.com/museums>, 2016
- [5] M. Carrozzino, M. Bergamasco, "Beyond virtual museums: Experiencing immersive virtual reality in real museums". Journal Of Cultural Heritage, 11(4), pp. 452-458. 2010.
- [6] Es.wikipedia.org, "Bring your own device", [Consulta 5/01/2016], from https://es.wikipedia.org/wiki/Bring_your_own_device, 2016
- [7] Y. Song "Bring Your Own Device (BYOD) for seamless science inquiry in a primary school" Computers & Education, 74, pp. 50-60, 2014
- [8] K. Angkananon, M. Wald, L. Gilbert, "Technology enhanced interaction framework and method for accessibility in Thai museums". 3Rd International Conference On Information And Communication Technology (Icoict). 2015.
- [9] D. Fonseca, et al. "Combination of qualitative and quantitative techniques in the analysis of new technologies implementation in education: Using augmented reality in the visualization of architectural projects." Information Systems and Technologies (CISTI), 2013 8th Iberian Conference on. IEEE, 2013.
- [10] E. Callaway, "iTunes university' better than the real thing. Disponible en", <http://www.newscientist.com/article/dn16624-itunes-university-better-than-the-real-thing.html> [Consulta 15/02/2012], 2009
- [11] S. Boeykens, M. Santana-Quintero, H. Neuckermans, H. "Improving Architectural Design Analysis using 3D Modeling and Visualization techniques". Digital Heritage: 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia Pages. Limassol, Cyprus. Pp. 67-73. 2008
- [12] D. Bouchlaghem, H. Shang, J. Whyte, A.Ganah, "Visualization in architecture, engineering and construction (AEC)". International Journal of Automation in Construction, 14, pp.287-295. 2005.
- [13] D.H. Shin, P.S. Dunston, "Identification of application areas for Augmented Reality in industrial construction based on technology suitability". Automation in Construction, 17(7), pp. 882-894. 2008
- [14] J.R. Sánchez, D. Borro, "Automatic Augmented Video Creation for Markerless Environments". Proceedings 2nd International Conference on Computer Vision Theory and Applications Pp. 519-522. 2007.
- [15] I. Navarro, et al. "Teaching Evaluation Using Augmented Reality in Architecture. Methodological Proposal", 7ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Informació, Madrid, Spain, pp. 685-690, Edit: Alvaro Rocha, et al, AISTI. 2012.
- [16] S. Delamont, P. Atkinson, P., "Editorial Qualitative Research", Qualitative Research Journal, 10(6). Pp.635-637. 2010.

- [17] D. Fonseca, E. Redondo, S. Villagrasa. "Mixed-methods research: a new approach to evaluating the motivation and satisfaction of university students using advanced visual technologies." *Universal Access in the Information Society* 14.3 pp. 311-332. 2015.
- [18] V.F. Guidano, "Constructivist psychotherapy: A theoretical framework", in Neimeyer, R. A., Mahoney, M. J. (Eds.): *Constructivism in Psychotherapy*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- [19] C. De Pelakai, "Qualitative and Quantitative Methods: Differences and Tendencies", *Telos* 2(2), Pp. 347-352. 2000.
- [20] A. Muñoz, "Los métodos cuantitativo y cualitativo en la evaluación de impactos en proyectos de inversión social", Tesis doctoral de Economía por la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala, 2007.
- [21] *Revistadepatrimonio.es*, [Consulta 5/01/2016], <http://www.revistadepatrimonio.es/revistas/numero8/difusion/estudios2/articulo.php> 2016.
- [22] Casa Batlló, "Casa Batlló descifra la simbología oculta de Gaudí y descubre todo su mobiliario original", [Consulta 5/01/2016], from <https://www.casabatllo.es/novedades/casa-batllo-simbologia-oculta-gaudi-descubre-mobiliario-original/> 2015.
- [23] *Rtve.es*, "Ingeniería Romana", Laboratorio RTVE.es. [Consulta 5/01/2016], from <http://lab.rtve.es/ingenieria-romana/> 2016.
- [24] M. Pifarré, O. Tomico. "Bipolar laddering (BLA): a participatory subjective exploration method on user experience." *Proceedings of the 2007 conference on Designing for User eXperiences*. ACM, 2007.
- [25] M. Pérez Cota, J. Thomaschewski, M. Schrepp, R. Gonçalves "Efficient Measurement of the User Experience. A Portuguese Version", *Procedia Computer Science* 27, 491-498, 2014
- [26] Gonçalves, Ramiro; Martins, José L. B; Pereira, Jorge; Oliveira, Manuel L. A; Ferreira, João J. P. "Enterprise Web Accessibility Levels Amongst the Forbes 250: Where Art Thou O Virtuous Leader?", *Journal of Business Ethics* 107, 1, 1 - 15. doi: 10.1007/s10551-012-1309-3, 2012

Sistema de información en tele-odontología para promoción, prevención, diagnóstico y tratamiento de caries dental

Tele-dentistry information system for promotion, prevention, diagnosis and treatment of dental caries

Diana Janeth Lancheros-Cuesta
Universidad Cooperativa de
Colombia
diana.lancheros@campusucc.edu.co

David Rolando Suarez
Universidad Cooperativa de
Colombia
david.suarezm@campusucc.edu.co

Jose Luis Ramirez Arias
Universidad Cooperativa de
Colombia
Bogotá, Colombia

Abstract — El uso de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en el campo de la salud y específicamente en la detección y seguimiento de enfermedades, cada vez toman más fuerza alrededor del mundo. La telemedicina ha sido en los últimos años una innovación tecnológica que permite la atención remota para diagnóstico y seguimiento de enfermedades que benefician las poblaciones a nivel rural. El presente artículo muestra los resultados de un proyecto de investigación interdisciplinar e inter-sedes que permitió el desarrollo de un sistema de información para la promoción, prevención, diagnóstico y tratamiento de la caries dental, basado en la telemedicina.

Keywords- Tele-odontología, sistema de información, perfil de usuario, caries dental.

Abstract - The use of information technology and telecommunications in the field of health, and specifically in the detection and control of diseases, is increasing each day around the world. Telemedicine has been rising as a technological innovation in the past years, due to it allows remote care for diagnosis and monitoring of diseases that benefit populations in rural areas. This article aims to show the preliminary results obtained of a Project research interdisciplinary and inter-headquarters that allows develop an information system to promote, prevent, diagnosis and treatment of dental caries, which relies on telemedicine concept.

Keywords- Telemedicine, treatment of dental caries, information system,

I. INTRODUCCION

Teniendo en cuenta la incursión que la tecnología ha realizado en áreas como la salud, se han abierto las puertas a nuevos servicios y enfoques dentro del área, se ha mejorado la atención en servicios básicos, algunos tiempos de respuesta, y se ha mejorado el control sobre la información. Sin embargo, se ha generado inconformismo por parte

de los pacientes que desean optimizar los procesos de las áreas de la salud y aumentar su cobertura, demostrando como este aumento en los servicios médicos, ha sido mínimo en comparación con su desarrollo, y se evidencia que a pesar del conocimiento de los beneficios de la telemedicina, en Colombia aún no es una herramienta difundida.

En Colombia la atención médica especializada y la mayoría de centros hospitalarios se concentran en las zonas urbanas, generando falta de cobertura en servicios de salud y dificultando el acceso de las personas residentes en áreas rurales y cabeceras municipales. De igual manera, en muchas ocasiones los procesos de salud que implican atención inmediata, se ven limitados por la falta de eficiencia, información y comunicación entre el personal médico. Ejemplos claros de esta problemática se evidencian en situaciones como emergencias que implican el uso de ambulancias, en casos de personas cuya enfermedad impide su traslado físico al centro de atención, o cuando se imposibilita el acceso por parte de un especialista al paciente.

La Universidad Cooperativa de Colombia cuenta con programas de odontología a nivel nacional en ciudades como Villavicencio, Pasto, Bogotá y Medellín, oportunidad que ha sido tenida en cuenta para la realización del proyecto. El sistema de información se realizó de forma interdisciplinaria, la Facultad de Ingeniería de la Sede Bogotá realizó el diseño y puesta en marcha; a su vez las sedes de odontología participantes realizaron aportes desde el

área de conocimiento para el diseño y la validación con pacientes en las diferentes ciudades.

Para el desarrollo de la plataforma se requirieron cuatro fases: (a) la primera de ellas permitió conocer el estado de la técnica y los trabajos relacionados en las áreas de investigación (telemedicina y caries dental). Una segunda fase consistió en el diseño de una plataforma de telemedicina que utilizó las ventajas de la tecnología móvil. Una tercera fase estuvo dada por el diseño de instrumentos de validación de la plataforma en profesionales y pacientes de las diferentes ciudades mencionadas. Una Cuarta fase consistió en la implementación de la plataforma y la validación con profesionales y pacientes en las diferentes ciudades participantes en el proyecto.

El presente artículo muestra los resultados preliminares de un sistema de información en teleodontología con el fin de apoyar la formación de profesionales en promoción, prevención, diagnóstico y tratamiento de la caries. En la sección 2 se muestran los trabajos relacionados, la sección 3 describe el diseño de la plataforma. Por último en la sección 4 se detalla la implementación del sistema y en la sección 5 se describen las conclusiones.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

El uso de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en el campo de la salud y específicamente en la detección y seguimiento de enfermedades, cada vez toman más fuerza alrededor del mundo. Según [1] La tele medicina, como comúnmente se le denomina a esta práctica, permite compartir conocimientos y establece un medio de comunicación entre expertos de diferentes temas. Existen muchas ramas que componen este campo, entre ellas encontramos la tele odontología, la cual mantiene el concepto inicial de la telemedicina.

La tele odontología es un campo relativamente nuevo y combina dos grandes temas, las tecnologías de la comunicación y los procedimientos para el cuidado dental. Según [2] la definición de tele odontología es "*La práctica para los cuidados de la salud oral entregando, diagnósticos, consultas, tratamientos y educación usando audio interactivo, video o comunicación de datos*". La gran ventaja del uso de estas tecnologías

se basa en proveer de estos servicios a zonas de difícil acceso como zonas rurales o zonas en conflicto, donde estos servicios son ineficientes o inadecuados. Aunque el campo de la tele odontología es relativamente nuevo, se podría decir que desde 1959 se realizaron los primeros procedimientos, es así como Albert Jutras uso un cable de comunicación para transmitir un examen de fluoroscopia almacenado en una videograbación. Sin embargo fue hasta 1989 que el concepto de la tele odontología fue presentado por Westinghouse Electronic System Group en el marco de una conferencia celebrada en Baltimore [1].

Existen sistemas de tele odontología donde se transmite la información usando la telefonía analógica convencional y sus métodos de transmisión, sin embargo dicha tecnología han sido reemplazada por formas de comunicación más rápidas entre las cuales se encuentran las líneas *ISDN* [3]. Este tipo de sistemas aunque tenían buenas prestaciones de velocidad y ancho de banda no fueron una opción viable en términos económicos motivo por el cual se migro a la comunicación cliente servidor mediante las plataformas WEB, la cual ha permitido popularizar muchos servicios entre ellos la tele odontología.

El uso de la comunicación Web en el campo de la tele odontología ha generado consigo muchos proyectos de investigación que han permitido llevar el servicio odontológico a sitios remotos y de difícil acceso, adicionalmente ha permitido establecer nuevos temas de ejecución dentro de los cuales tenemos la tele consulta, tele educación el tratamiento de imágenes, toma de muestras por el propio paciente, etc. [4].

Estos nuevos campos de acción, generados por la tele odontología, han permitido mejorar la calidad del servicio y disminuir costos en la atención a los usuarios, un claro ejemplo de los nuevos campos de acción son las tele consultas, según [5] las consultas virtuales son un fuerte sustituto de las consultas en persona, lo cual se evidenció después de un estudio realizado a pacientes y odontólogos para observar la aceptación por parte de los actores involucrados en este

escenario. Por último, se evidenció que la primer consulta que se le practica a un paciente, usando una consulta virtual, determinará con un alto grado de exactitud los pasos subsiguientes, ahorrando el tiempo del paciente y las congestiones en los consultorios en los cuales se realizó estas prácticas.

Por otro lado, poblaciones que no podían gozar de una consulta especializada gracias a los altos costos o al desplazamiento que deberían realizar los pacientes con algún grado de dificultad física o por problemas de tipo social, se han podido beneficiar de este tipo de consultas especializadas, gracias al uso de la tele odontología. Algunos países han establecido leyes y estatutos para el buen uso de este tipo de tecnologías, según [6], el estado de California en Estados Unidos adopto una legislación para definir el rol de la telemedicina en los cuidados de la salud. Según esta legislación la información obtenida por este tipo de sistemas debe estar salvaguardada por ciertas normas de seguridad informática que permitan garantizar la protección de los pacientes y en donde se especifica que dicha información solo podría ser usada con fines médicos.

En este mismo estado ya han sido construido con éxito algunas plataformas de tele odontología, es así como the Pacific Center for Special Care en The University of the Pacific Arthur Dugoni School of Dentistry se ha implementado una plataforma denominada "*The virtual dental home*", el cual pretende facilitar la adquisición de los registros por parte del personal dental auxiliar, incluidos los higienistas dentales y asistentes dentales, en los sitios de la comunidad y la revisión de estos registros por los dentistas que no están en el sitio [6]. Los especialistas toman decisiones sobre el mejor tipo de tratamiento que se debe seguir teniendo en cuenta la información enviada y el proceso que se adelanta con cada uno de los pacientes [6].

Otro ejemplo de la implementación de estas tecnologías es el proyecto denominado Apple Tree desarrollado por Apple Tree Dental, el cual tiene como principal objetivo proveer el acceso a los servicio de salud odontológico a zonas apartadas o de difícil acceso en el estado de Minnesota en Estados Unidos, este proyecto tiene como

particularidad que los profesionales de la salud que prestan su servicios allí son practicantes, quienes realizan esta actividad sin ánimo de lucro. [6].

Por otra parte, existen proyectos de investigación donde se ha demostrado que el uso de dispositivos electrónicos como cámaras en pacientes que normalmente no tienen el hábito de asistir regularmente al odontólogo ha mejorado la supervisión por parte de los profesionales de la salud oral. Estas cámaras son manipuladas por los propios pacientes quienes envían la información capturada por la cámara a los centros de atención oral a los cuales asisten, esta información es recolectada por asistentes de odontología y revisadas por especialistas quienes pueden hacer un seguimiento más cercano a sus pacientes de esta manera la supervisión y seguimiento se hace en tiempo real y se evita la congestión de consultorios y centros odontológicos [7].

Por último, la tele medicina ha permitido llegar a países sub desarrollados donde existen problemas sociales, económicos y de difícil acceso, donde la población no tiene la oportunidad de tener acceso a un sistema de salud oral que le permita generar espacios de prevención y diagnósticos tempranos. Es el caso particular de África, según [8], el uso de la tecnología en lugares apartados de la geografía Africana permitió mejorar los medio por los cuales la población accedía a los servicios de salud.

Teniendo en cuenta lo anterior, los trabajos en esta área permiten a los usuarios de zonas aisladas, obtener asistencia médica especializada. A continuación se describe el diseño del sistema implementado.

III. DISEÑO DEL SISTEMA

La Figura 1 muestra la arquitectura del sistema en tele-odontología.



Figura 1. Arquitectura del sistema en tele-odontología.

Como se puede observar de abajo hacia arriba, la primera capa está conformada por el modelo de datos, que a su vez se compone de: (a) una *perfil de paciente*, el cual almacena las características principales de las personas que tienen caries. (b) *El modelo de diagnóstico y de consultas*, permite almacenar las características del diagnóstico teniendo en cuenta la norma ICDAS “Sistema de detección y evaluación para la clasificación de la caries”. (c) *El perfil médico*, almacena las características de odontólogos y auxiliares de odontología. (d) *El perfil de promoción y prevención* permite caracterizar la información necesaria para que la población pueda acceder a contenidos digitales y multimediales de prevención en caries dental.

La siguiente capa está conformada por los servicios de la plataforma en términos del dispositivo móvil que incluye la toma de fotos de los dientes o molares con caries y el medio de comunicación para transferir las fotos a la plataforma.

Los servicios remotos permiten la consulta de las historias clínicas, la caracterización de la población, el diagnóstico y los materiales educativos de promoción y prevención. La tercera capa, hace referencia a los servicios generales que ofrece el sistema (creación de historias clínicas, almacenamiento de fotos dentales, realización de diagnósticos remotos, consulta y seguimiento de los pacientes, consulta de caracterización de la caries por zonas y recomendación de material de prevención y promoción).

La Figura 2 muestra en detalle el modelo de datos, como se puede observar está conformado por: (a) usuarios: personas que ingresan al sistema y pueden tener diferentes roles (odontólogo, estudiante, practicante y especialista). (b) Paciente: características generales del paciente. (b) agendar cita: contiene los datos de las citas que agendan los usuarios en las diferentes ciudades. (c) Historia clínica: almacena los datos de los antecedentes clínicos del paciente. (d) Consulta: contiene los datos de la sintomatología del paciente. (e) Caries dental, fotos dentales y diagnóstico: almacena la información del estado de caries del paciente teniendo en cuenta la norma ICDAS.

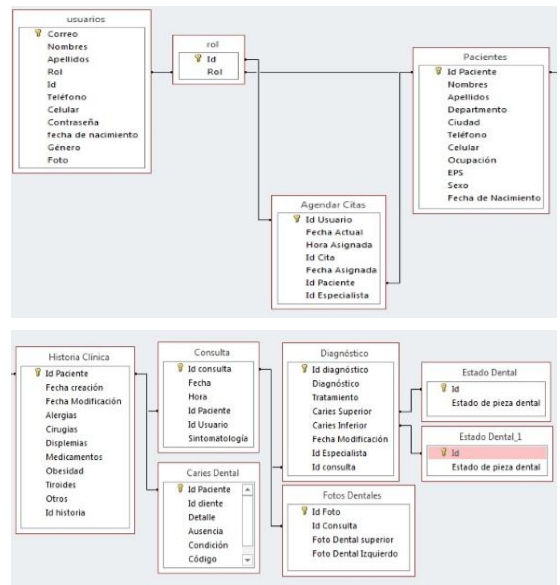


Figura 2. Detalle modelo de datos.

Una vez se ha definido el modelo de datos y sus características, se realizó en detalle una descripción de los procesos necesarios para ofrecer los servicios que se observan en la capa 1 y 2 de la arquitectura. La Figura 3 muestra de manera general los principales procesos.

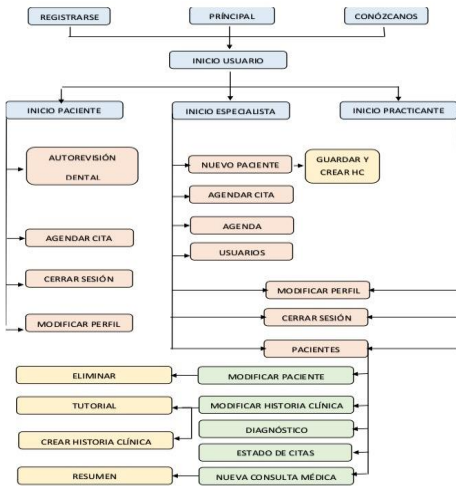


Figura 3. Procesos principales.

La Figura 4 muestra el esquema y accesos de la plataforma para cada usuario y la explicación de cada uno.

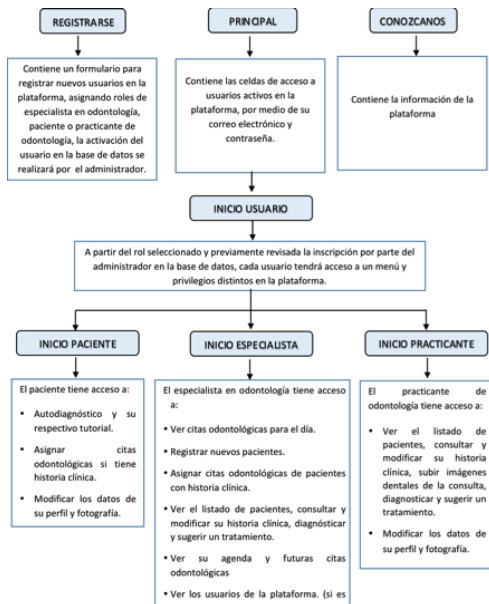


Figura 4. Procesos principales de los usuarios.

La Figura 5 muestra la descripción de los servicios del paciente y la Figura 6 del especialista en odontología.

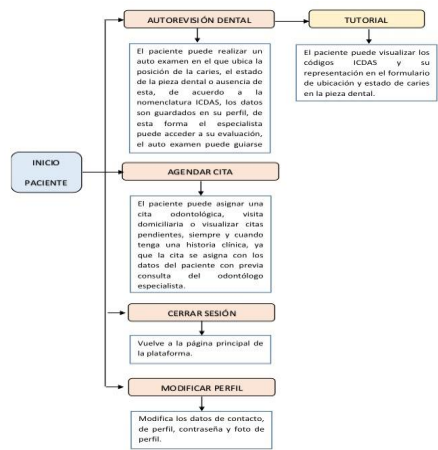


Figura 5. Procesos principales del paciente

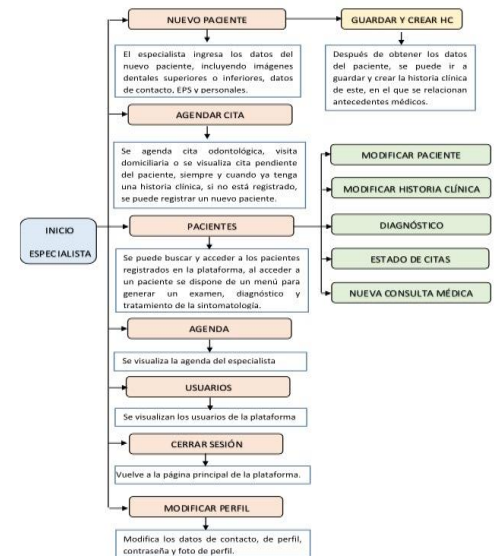


Figura 6. Procesos principales del especialista

La Figura 7 muestra los procesos compartidos del especialista y el practicante.

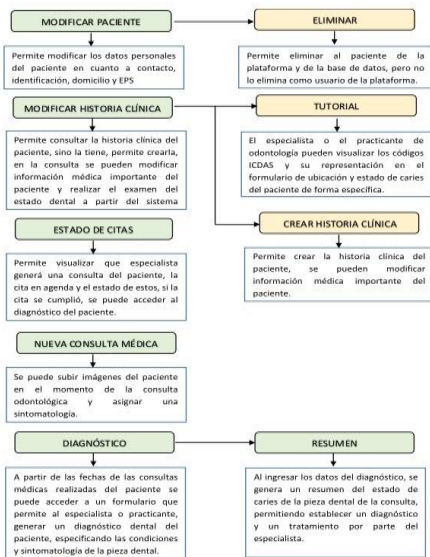


Figura 7. Procesos principales especialista y practicante

Una vez diseñado el sistema computacional, se realiza la implementación y se hacen pruebas funcionales.

IV. IMPLEMENTACIÓN SISTEMA COMPUTACIONAL

El sistema se implementa en ambiente web, utilizando herramientas html, php y sql server. En la Figura 8 se observa el proceso de registro del paciente.



Figura 8. Datos del paciente

La Figura 9 muestra las opciones del especialista.



Figura 9. Opciones especialista.

El sistema permite adicional al diagnóstico y seguimiento de los pacientes, gestionar y visualizar información de promoción y prevención. La Figura 10 muestra un ejemplo de objeto virtual de aprendizaje que puede ser consultado desde el sistema.

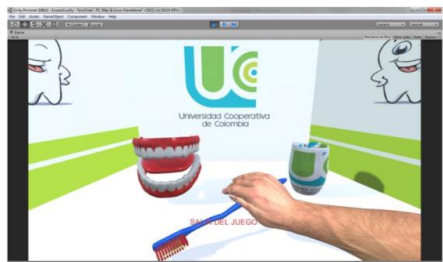


Figura 10. Objeto virtual de aprendizaje para promoción y prevención.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los sistemas computacionales con características de telemedicina, permiten, facilitan y mejoran el diagnóstico de pacientes en las zonas rurales. El sistema aquí presentado es el resultado de un proyecto de investigación de la Universidad Cooperativa de Colombia, que permitió a las sedes de las ciudades como Villavicencio, Medellín, Pasto y Bogotá, compartir diagnósticos en términos de caries dental, teniendo en cuenta la normatividad ICDAS. El sistema de información diseñado e implementado permite realizar el diagnóstico seguimiento de pacientes con caries dental para determinar niveles y realizar tratamientos que eviten la pérdida de partes dentales. Adicional la definición de una arquitectura por capas que tiene en cuenta características de los usuarios permitió definir los servicios y procesos necesarios para la implementación del sistema.

REFERENCES

- [1] Allen A. Perednia DA, *Perednia DA, Allen A. Telemedicine technology and clinical applications.*: J Am Med Assoc, 1995.
- [2] Martin H, Kim Dunn Jung Wel Chen, *Teledentistry and its use in dental education.*: J AM DEnt Assoc 134;3:342-346, 2006.
- [3] et al. Rocca MA, "the evolution of a teledentistry system within the Department of Defense," *Proc AMIA Symp* , pp. 921-924, 2008.
- [4] Ruparelia Kosha, et al. Shirokar Rajan, "Teledentistry: An Art and Science of Healing," *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology* , pp. 108-111, 2011.
- [5] Subar Paul, Glassman Paul Namakian Maysa, "In-Person Versus "Virtual" Dental Examination: Congruence Between Decision-Making Modalities," *Journal of the California Dental Association*, pp. 587 - 594, 2012.
- [6] Helgeson Michael , Kattlove Jenny Glassman Paul, "Using Telehealth Technologies to Improve Oral Health for Vulnerable and Underserved Populations," *Journal of California Dental Association* , pp. 579 - 584, 2012.
- [7] McCullough Michael, Parul Marwaha Mariño Rodrigo, "Field Testing of Remote Teledentistry Technology," *The Sixth International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine*, pp. 24 -28, 2014.
- [8] Müller Henning, Geissbuhle Antoiner Bagayoko Cheick Oumar, "Assessment of Internet-based tele-medicine in Africa (the RAFT project)," *Computerized Medical Imaging and Graphics*, pp. 407–416, 2006.

Un Modelo de Arquitectura de Computación en la Nube para la Implementación de Tareas Complejas Desacopladas en Entornos Colaborativos

A Cloud Computing Architecture Model for Complex Decoupled Tasks in Collaborative Environments

Francisca Quintana Domínguez
Abraham Rodríguez Rodríguez

Instituto Universitario de Ciencias y Tecnologías
Cibernéticas
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Las Palmas de Gran Canaria, España
{francisca.quintana, abraham.rodriguez}@ulpgc.es

Carmelo Cuenca Hernández

Departamento de Informática y Sistemas
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Las Palmas de Gran Canaria, España
carmelo.cuenca@ulpgc.es

Resumen — Este trabajo describe un modelo de arquitectura en la nube para entornos colaborativos consistente en desacoplar los procesos que forman las tareas mediante colas, ofreciéndolos como un servicio en la nube. Las tareas complejas se construyen relacionando los procesos usando un lenguaje de definición de tareas. Un *dispatcher* realiza la orquestación de todo el modelo, decidiendo los procesos a ejecutar en cada momento. La implementación del modelo en la nube pública de Amazon es escalable y elástica, adaptando dinámicamente los recursos necesarios a la carga de trabajo de la aplicación. Tanto los procesos como el *dispatcher* son autoescalables lo que dota al sistema completo de robustez, resistencia a fallos y flexibilidad.

Palabras Clave – *arquitecturas para computación en la nube; procesos desacoplados; aplicaciones de alta disponibilidad; entornos colaborativos.*

Abstract — This work describes a cloud computing architecture model for collaborative environments based on decoupling single processes of complex tasks through queues, and offering them as a service in the cloud. Complex tasks are built by means of relations between single processes, using a task specification language. A dispatcher orchestrates the whole model, deciding the next process to be executed in every stage. The cloud model implementation is scalable and elastic, dynamically adapting the resources to the application demands. Both, processes and dispatcher, are auto-scalable thus making the system robust, fault tolerant and flexible.

Keywords – *cloud computing architectures; decoupling; high availability applications; collaborative environments.*

I. LAS ARQUITECTURAS PARA LA COMPUTACIÓN EN LA NUBE Y LOS ENTORNOS COLABORATIVOS

Las arquitecturas para la computación en la nube son patrones de diseño de aplicaciones software que utilizan servicios accesibles a través de Internet y bajo demanda [1] [2]. Las aplicaciones desarrolladas basándose en estas arquitecturas

se ejecutan sobre un modelo de servicio de forma que los recursos se aprovisionan sólo cuando realmente se necesitan, y pueden escalar hacia arriba y hacia abajo de acuerdo a la demanda instantánea de trabajo de la aplicación [3]. Intrínseco a la ejecución de estas aplicaciones está el hecho de que la ejecución en la nube se realiza en las infraestructuras de un proveedor de servicios, público o privado, (en nuestro caso los Servicios Web de Amazon (AWS) [4]) cuya localización es transparente al usuario. Estas infraestructuras proporcionan recursos escalables de gran fiabilidad en un modelo de servicio de pago por uso. Seguir estos patrones de arquitecturas de computación en la nube significa aprovisionar los recursos sólo cuando se necesitan, utilizarlos para realizar la tarea y liberarlos tan pronto como ya no sean necesarios. Además, los recursos son aprovisionados de forma elástica, lo que implica aumentar o disminuir de forma dinámica la cantidad de recursos para satisfacer las demandas puntuales de la aplicación.

Por otro lado, utilizar los proveedores públicos de servicios en la nube nos permite proveernos de recursos de forma rápida con una simple conexión a través de Internet basada en una API. También permite desplegar aplicaciones sin realizar un desembolso inicial importante, dado que el modelo económico de la nube es de pago por uso. Por lo tanto, se pueden realizar desarrollos en la nube con un presupuesto modesto ya que solo se facturan los recursos consumidos. Por todo ello, desarrollar y desplegar aplicaciones utilizando las arquitecturas de computación en la nube permiten una reducción de coste considerable, cuando son comparadas con los modelos tradicionales, y un mejor servicio a los usuarios incluso en situaciones de grandes picos de demanda.

Diseñar una aplicación que sea capaz de sacar partido a las características descritas puede constituir un reto, y más aún en un entorno colaborativo de desarrollo. Para ello es necesario realizar un diseño desacoplado de las distintas funcionalidades

de la aplicación, de forma que cada una de ellas pueda escalar de manera independiente de acuerdo con la demanda puntual. Las distintas funcionalidades deben comunicarse entre sí para que todas las peticiones y los flujos de ejecución sean terminados, independientemente de si el sistema es escalado en mitad de la ejecución. Para ello, las aplicaciones deben cumplir los principios de la “*Twelve-Factor App*”[5], que permiten la máxima portabilidad entre diferentes entornos de ejecución, las hacen apropiadas para su despliegue en la nube, posibilitan la integración y el despliegue continuo para maximizar la agilidad, permiten escalar sin cambios significativos y minimizan el tiempo y coste de incluir nuevos desarrolladores en el proyecto.

En un entorno colaborativo de desarrollo estas características son de vital importancia ya que el desarrollo, la compartición, reutilización e integración de las distintas piezas de código del proyecto son un objetivo primordial a conseguir [6]. Pensemos por ejemplo en un laboratorio científico de análisis de imágenes, donde los diferentes integrantes desarrollan distintos procesos software para un repositorio común. El objetivo es que todos estos procesos estén disponibles para el grupo, y que sea fácil utilizarlos e integrarlos en cualquier tarea genérica. La aproximación tradicional de empaquetar los distintos bloques de código en librerías, que luego son incluidas cuando sean necesarias, genera varias fuentes de problemas: (1) los miembros del grupo deben ser capaces de compilar y obtener una versión ejecutable del código completo, (2) es preciso realizar una planificación cuidadosa de forma que cada funcionalidad se desarrolle una única vez, y (3) cada miembro del grupo debe conocer en todo momento cuál es la versión de cada pieza de código que utiliza y dónde se encuentra.

Todos estos retos se pueden abordar definiendo un modelo de arquitectura en la nube para el proyecto y para cada proceso individual del mismo. Siguiendo esta aproximación percibiríamos cada rutina como un servicio que se ejecuta en la nube. Para utilizar una de estas rutinas sólo tenemos que conectarnos a ella, enviar los parámetros y recibir los resultados de la ejecución. Este escenario nos permite abstraernos de los detalles del código desarrollado por otros miembros del grupo, teniendo una versión en ejecución que sirve peticiones de diferentes usuarios a la vez que se garantiza un tiempo de respuesta razonable.

II. LA PROPUESTA: EL MODELO DE ARQUITECTURA

Nuestra propuesta de modelo se basa en aislar al usuario de los detalles de implementación de los procesos y de los procedimientos de integración. Sólo el desarrollador del proceso conoce cómo funciona internamente, qué entorno de ejecución necesita, qué librerías, etc. El resto del grupo simplemente lo utiliza invocándolo como un servicio que se está ejecutando en la nube. El proceso acepta peticiones de servicio, realiza su función y devuelve los resultados.

La propuesta se basa en un modelo básico de proceso y a partir de él se recogen diferentes relaciones entre procesos que pueden estar incluidas en una tarea compleja. Esta propuesta extiende una propuesta inicial previa [7] más simple, donde sólo podían establecerse relaciones de encadenamiento hacia adelante entre los procesos básicos de una tarea.

A. Modelo Básico de Proceso

Cada proceso básico se ejecuta en la nube como un servicio, toma sus datos de entrada de una cola de entrada y deposita los resultados en una cola de salida (Fig. 1), y no es consciente de la tarea compleja para la que está trabajando en cada momento. Los parámetros y resultados se almacenan en la nube, y los mensajes de entrada y salida sólo tienen referencias al lugar donde éstos se encuentran en la nube.

El uso de las colas permite desacoplar unos procesos de otros, aislándolos entre sí y permitiendo balancear las diferencias de velocidades de los distintos procesos. También permite realizar una ejecución asíncrona de los procesos, compartir procesos entre distintos usuarios y es tolerante a fallos. Por otro lado, la arquitectura es escalable lo que implica que si un proceso tiene un elevado número de peticiones pendientes en su cola de entrada, se lanzan a ejecutar más procesos del mismo tipo para ejecutar estas peticiones pendientes y lograr así un tiempo de respuesta bajo. Del mismo modo, cuando el número de peticiones pendientes en la cola del proceso disminuye se eliminan procesos, liberando así los recursos y adaptándonos en cada momento a la carga de trabajo. Una descripción más detallada del proceso básico puede consultarse en [7].

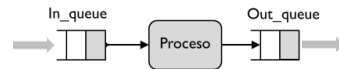


Figure 1. Modelo Básico de Proceso

B. Modelos de Tareas Complejas

Con el modelo básico de proceso anterior podemos especificar tareas complejas que requieran de uno o varios procesos simples que se enlazarán a través del uso de las colas. La arquitectura que proponemos ha sido concebida para modelar los siguientes tipos de relaciones entre los procesos:

1) *Encadenamiento (Chain)*: Es la relación más simple donde un proceso 1 genera resultados que necesita un proceso 2 posterior (Fig. 2). Se hace coincidir la cola de salida del proceso 1 con la cola de entrada del proceso 2. El mensaje inicial, en gris denotando que lo envía el usuario a la cola de entrada de mensajes del proceso 1, debe incluir la definición completa de la tarea: los diferentes procesos y sus parámetros, así como el destino de los resultados y otra información relevante [7].



Figure 2. Relación de encadenamiento hacia adelante entre procesos básicos

2) *Separación (Split)*: Un proceso 1 puede lanzar la ejecución de más de un proceso posterior en paralelo. En ese caso el proceso 1 construirá y enviará los mensajes a las colas de entrada de los procesos 2 y 3 (Fig. 3). En este caso el mensaje inicial debe estar construido de tal forma que se especifiquen los diferentes procesos, sus parámetros, el destino

de los resultados y el hecho de que los procesos 2 y 3 no tienen precedencia entre sí, sino que se pueden ejecutar en paralelo.

3) *Unión (Join)*: El proceso 3 puede necesitar como parámetros de entrada los resultados generados por los procesos 1 y 2 (Fig. 4). En ese caso el mensaje en la cola de entrada del proceso 3 debe ser único y debe incluir toda la información necesaria para realizar la funcionalidad del proceso 3. Se hace necesario un agente externo que realice la fusión de los resultados generados por los procesos 1 y 2 en un solo mensaje. El mensaje inicial de la tarea compleja a realizar debe especificar este tipo de relaciones.

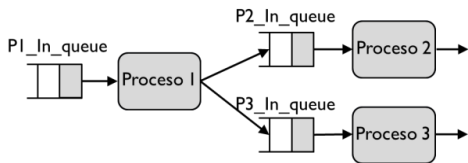


Figure 3. Relación de separación entre el proceso 1 y los procesos 2 y 3

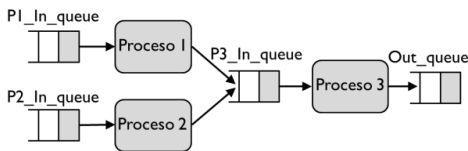


Figure 4. Relación de unión entre los procesos 1 y 2, y el proceso 3

4) *Iteración (Iteration)*: Esta relación aparece cuando se necesita realizar un mismo proceso de forma iterativa un determinado número de veces (Fig. 5). En ese caso la cola de entrada y salida del proceso deben coincidir. El mensaje inicial de la tarea compleja debe incluir la información sobre el número de iteraciones a realizar. Es necesario un agente externo que realice el chequeo sobre el número de iteraciones realizadas para parar en el momento adecuado.

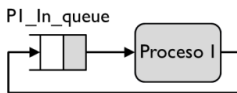


Figure 5. Relación de iteración en el proceso 1

5) *Condición (If)*: Esta relación se produce cuando al terminar un proceso 1 se deben ejecutar de forma alternativa dos (o más) procesos basándose en algún tipo de condición (Fig. 6). En ese caso el mensaje inicial de la tarea compleja debe modelar esta circunstancia, con la condición que se debe evaluar y las posibles alternativas de procesos a ejecutar. Se hace necesario un agente externo que realice la evaluación y envíe el mensaje a la cola de entrada del proceso que debe ejecutarse (el proceso 2 o el proceso 3 en la Fig. 6).

6) *Parada (Stop)*: En esta relación se hará necesario para la ejecución de un proceso (en la Fig. 7 se pararía el proceso 1) en el caso de que se cumpla una condición, como por ejemplo

un error. También en esta relación es necesario un agente externo que determine la necesidad de parar la tarea y generar un mensaje que será enviado al origen de la tarea compleja para tomar las acciones oportunas.

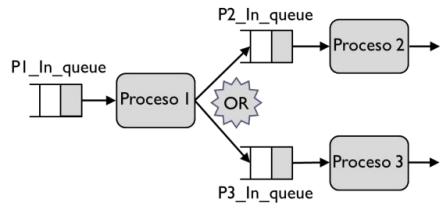


Figure 6. Relación condicional entre los procesos 1, 2 y 3

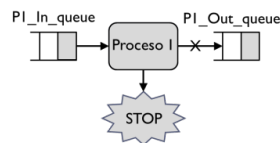


Figure 7. Relación Stop en el proceso 1

C. Modelo de Arquitectura

Del análisis de las relaciones que contemplaremos en nuestra propuesta concluimos que es necesario incluir un agente externo en el modelo que realice las comprobaciones oportunas para determinar las siguientes acciones a realizar. En la Fig. 8 se muestra el modelo de arquitectura propuesto con el agente denominado “Dispatcher” encargado de la toma de decisiones sobre las acciones a realizar.

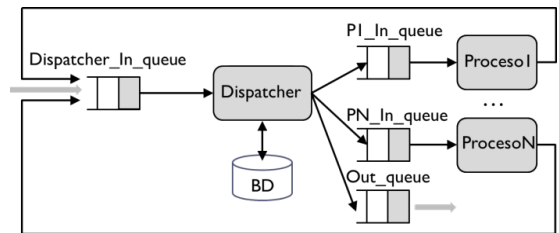


Figure 8. El modelo de arquitectura propuesto

Lanzar a ejecutar una nueva tarea consiste en insertar un nuevo mensaje en la cola de entrada del dispatcher que incluya la especificación de la tarea a realizar. Esta tarea consistirá en la ejecución de una serie de procesos partiendo de unos parámetros de entrada, y generará una salida. Los procesos a ejecutar podrán estar relacionados entre sí atendiendo a cualquiera de las relaciones descritas en la sección anterior, pudiendo incluso combinarse varios tipos de relaciones en una sola tarea. Al recibir una tarea de la cola de entrada el dispatcher analiza el mensaje y determina cuál es el siguiente proceso que se debe ejecutar. Entonces construye el mensaje para dicho proceso y lo encola en su cola de entrada. Cada proceso funciona según lo establecido en la sección II. A, tomando un mensaje de su cola de entrada y enviando el

resultado generado a la cola de salida especificada en el propio mensaje de entrada. En este caso la cola de salida siempre será la cola de entrada al *dispatcher*, ya que será este último el que valide el resultado generado, determine el siguiente proceso a ejecutar, y lo lance a ejecutar enviándole un mensaje a su cola de entrada. Cuando el proceso ejecutado sea el último de una tarea será el *dispatcher* quien determine esta circunstancia y envíe entonces el resultado final de la tarea a una cola especial de salida.

El *dispatcher* es la pieza clave del modelo de arquitectura propuesto ya que por él pasan todas las tareas a ejecutar y es también el lugar donde se toman las decisiones relacionadas con los siguientes procesos a ejecutar. El éxito del funcionamiento de la arquitectura se basa en que el *dispatcher* pueda atender sin demora todas las peticiones entrantes de su cola y es por esto que debe ser un proceso escalable, robusto y tolerante a fallos que garantice un funcionamiento ágil del sistema. El *dispatcher* recibirá mensajes en su cola de entrada que pueden ser de tres tipos:

- **Task:** son los mensajes de las peticiones de ejecución de tareas realizadas por todos los usuarios del grupo colaborativo. Dado que las tareas se irán ejecutando proceso a proceso, y podrán existir varias tareas simultáneamente en ejecución, el *dispatcher* debe mantener en cada momento una información detallada de las diferentes tareas que están en ejecución y el estado de las mismas (qué procesos ya se han terminado, qué resultado obtuvieron, dónde se encuentra este resultado, etc.). Para ello dotamos al sistema de un modelo de persistencia (por ejemplo, una base de datos) que almacenará en cada momento esta información, de forma estructurada.

- **Process response:** son mensajes provenientes de los procesos que el *dispatcher* lanzó a ejecutar, y que forman parte de alguna tarea. En estos mensajes el proceso envía de vuelta el resultado generado así como información adicional sobre posibles errores que se hayan producido. Al recibir un mensaje de este tipo el *dispatcher* recupera y actualiza en el modelo de persistencia la información de la tarea a la que pertenece el proceso que terminó su ejecución, y determina cuál es el siguiente proceso a ejecutar dentro de esa tarea. A continuación, construye el mensaje necesario y lo envía a la cola de entrada del proceso.

- **Task state:** son solicitudes de información sobre el estado de ejecución de una tarea. El *dispatcher* responderá a estas peticiones consultando el modelo de persistencia, generando un mensaje de salida con el estado de la tarea y enviándolo a la cola de salida que se haya especificado. Podrá también enviarse una notificación al usuario si éste así lo solicitó. Estos mensajes permiten a los usuarios interrogar al sistema en todo momento para obtener información sobre el estado de ejecución de las tareas pendientes.

A su vez, el *dispatcher* puede generar tres tipos de mensajes de salida:

- **Process trigger:** son mensajes que se envían a las colas de entrada de los procesos para realizar la ejecución de los mismos. Llevarán los parámetros necesarios para la ejecución y un identificador de la tarea para la cual se está realizando la ejecución. Al terminar el proceso, éste enviará al *dispatcher* un mensaje tipo *process response* con el resultado del proceso y el identificador de la tarea.
- **Task initialization ack:** son mensajes que se generan en respuesta a un mensaje de tipo *task*. El *dispatcher* analiza la especificación de la tarea, la inicializa en el modelo de persistencia y genera un mensaje de este tipo para el usuario informándole de que todo fue bien (o del error que se haya producido, en su caso).
- **Task information:** el *dispatcher* los genera en respuesta a un mensaje de entrada de tipo *task state* que solicitaba información de una tarea en ejecución. Incluye toda la información relativa al estado de ejecución de la tarea especificada.

Otro elemento fundamental es la estructura del mensaje que describe la tarea. Debe ser lo suficientemente flexible como para poder especificar tareas complejas con cualquier tipo de relación entre los procesos. Un ejemplo de tarea compleja, y el mensaje que la define pueden verse en la Fig. 9 y Fig. 10.

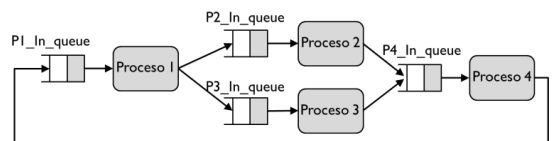


Figure 9. Ejemplo de tarea compleja con diferentes tipos de relaciones

```
{type: task,
task: {{preamble},
nodes: [{type: workitem, id: 1, params: {specific params process 1}},
{type: workitem, id: 2, params: {specific params process 2}},
{type: workitem, id: 3, params: {specific params process 3}},
{type: workitem, id: 4, params: {specific params process 3}}
{type: start, id: 4, params: {specific params}},
{type: end, id: 5, params: {specific params}},
{type: split, id: 6, params: {condition: and}},
{type: join, id: 7, params: {condition: and}}],
connections: [{from: 4, to: 1},
{from: 1, to: 6},
{from: 6, to: 2},
{from: 6, to: 3},
{from: 2, to: 7},
{from: 3, to: 7},
{from: 7, to: 4},
{from: 4, to: 5}],
options: {Destination: 's3_bucket', Notification: false, Intermediate: true,
Output_queue: Out_queue}}
```

Figure 10. Ejemplo de mensaje que define la tarea compleja de la Fig. 9

En la estructura del mensaje de la Fig. 10 se especifica el tipo de mensaje (en este caso es de tipo *task*), la definición de la tarea siguiendo una estructura al estilo de Drools[8][9] y una serie de opciones, como pueden ser la especificación del lugar donde depositar el resultado final, si se deben enviar

notificaciones al usuario, si se deben guardar los resultados intermedios de los diferentes procesos o la cola de salida. La definición de la tarea consta de un preambulo, la especificación de los nodos (que son los procesos o las relaciones), y las conexiones entre ellos. Los nodos que son procesos son de tipo *workitem*. Las relaciones de separación (*split*) y unión (*join*) se han modelado con un nodo adicional que incluye una condición. Esto nos permite modelar las relaciones de separación (*split*) y condicional (*if*) de la misma forma, sin más que cambiar la condición que se utiliza. Se incluyen además un nodo inicial y un nodo final en la tarea.

III. IMPLEMENTACIÓN EN AMAZON WEB SERVICES

Hemos elegido AWS como proveedor público de servicios en la nube para la implementación de nuestra propuesta por varias razones. Por un lado es un proveedor líder en el mercado de servicios en la nube. Es una plataforma lo suficientemente madura y consolidada como para parecernos fiable. Incluye además en un solo proveedor todos los servicios que necesitamos para la implementación. Y por último, dispone de una capa gratuita (y un programa de becas) que lo hacen atractivo desde el punto de vista económico.

Entre los más de cincuenta servicios diferentes que AWS ofrece, en nuestra implementación son necesarios: *Elastic Compute Cloud* (EC2), *EC2 Container Service* (ECS), *Auto Scaling*, *Simple Storage Service* (S3), *Simple Queue Service* (SQS), *Relational Database Service* (RDS), *CloudWatch*, *Simple Notification Service* (SNS) e *Identity and Access Management* (IAM).

La Fig. 11 muestra la implementación del modelo propuesto en AWS aplicado a un entorno colaborativo de un laboratorio de proceso de imágenes. Para ejecutar una tarea compleja el usuario inicia su sesión en AWS a través del IAM utilizando sus credenciales de seguridad. Construye el mensaje tipo *task* que define la tarea a ejecutar siguiendo el formato de los mensajes, y lo envía a la cola de entrada al *dispatcher*. Las colas se han implementado con el servicio de colas SQS de Amazon, que es rápido, fiable, escalable y totalmente gestionado [4]. A continuación, el usuario recibe desde el *dispatcher* un mensaje de tipo *task_initialization_ack* y sólo le resta esperar a que la tarea se complete y el resultado aparezca en la cola de salida especificada (o a ser notificado a través del servicio SNS si así lo especificó en la tarea).

Por su parte, el *dispatcher* leerá el mensaje de su cola de entrada, lo analizará, creará una entrada para esa nueva tarea en el modelo de persistencia (que está implementado con el servicio de base de datos RDS), construirá el mensaje tipo *task_initialization_ack* y lo enviará al usuario usando la cola de salida especificada por el usuario. Además, determinará cuál es el primer proceso a ejecutar de la tarea, construirá el mensaje para ese proceso y lo enviará a su cola de entrada. Así seguirá sucesivamente, tomando mensajes de su cola de entrada y procesándolos en un bucle sin fin.

Si en algún momento el usuario quisiera recabar información sobre el estado de una tarea en ejecución puede enviar un mensaje de tipo *task_state* al *dispatcher* solicitando esta información. El *dispatcher*, cuando procese el mensaje, accederá a la base de datos RDS de las tareas, recuperará el

estado de la misma y enviará un mensaje de tipo *task_information* de vuelta al usuario (o una notificación si así lo especifica) con la información detallada del estado de ejecución de la tarea.

El *dispatcher* se implementa con un contenedor *Docker*[10] que se ejecuta dentro de una instancia en el EC2. Para ello se define un servicio ECS que incluya como única tarea a ejecutar el contenedor *Docker* del *dispatcher*. Además, se define un grupo de autoescalado que permita aumentar o disminuir el número de instancias en ejecución para el *dispatcher*. Las nuevas instancias serán lanzadas dentro del *cluster* del servicio definido en el ECS, lo que provocará que nuevas instancias del *dispatcher* comiencen a ejecutarse, aumentando así la capacidad de proceso de los mensajes de la cola de entrada del *dispatcher*. Esta cola es única, y todas las instancias del *dispatcher* que se estén ejecutando toman los mensajes desde ella. A través del servicio *CloudWatch* definimos las alarmas que permiten que el grupo de autoescalado haga su trabajo. Si las alarmas se activan, el grupo de autoescalado lanzará o terminará una instancia EC2 para ajustarse a la carga de trabajo en cada momento. Cuando el número de peticiones pendientes en la cola de entrada al *dispatcher* supera el umbral se lanzarán nuevas instancias del *dispatcher* para evitar que las peticiones deban esperar, logrando así un tiempo de respuesta total menor. Cuando el número de peticiones pendientes sea bajo se terminarán instancias puesto que ya no son necesarias para dar un buen servicio. Se consigue así un comportamiento elástico por parte del *dispatcher* y un mejor servicio al usuario. El grupo de autoescalado también cumple la función de mantener dentro del *cluster* sólo instancias en buen estado de ejecución, lo que hace que el sistema sea resistente a fallos. Cuando alguna instancia EC2 deja de responder de forma adecuada, esta instancia es terminada y se lanza otra en su lugar que funcione correctamente.

Por otra parte se encuentran en ejecución los procesos que implementan la funcionalidad del sistema, que en nuestro caso serán procesos de análisis de imágenes del tipo *Zoom*, *Sharpen*, *Sobel*, etc. Estos procesos se implementan también como contenedores *Docker* que se ejecutan en instancias EC2 formando parte de un servicio ECS con una tarea definida. Cada uno de estos procesos atiende a su propia cola de entrada, de la cual recupera los mensajes de tipo *process_trigger* que le envía el *dispatcher*. Dado que los procesos están totalmente desacoplados unos de otros, no son conscientes de la tarea para la cual están trabajando en cada momento ya que las peticiones son independientes entre sí. Tenemos otro grupo de autoescalado definido para adecuar en cada momento el número de instancias de procesos en ejecución a la carga de trabajo demandada, siguiendo la misma filosofía de elasticidad que en el grupo de autoescalado del *dispatcher*.

Las imágenes de entrada y salida de las tareas, así como las generadas como resultados intermedios en los procesos, se almacenan en la nube, en el servicio S3 de Amazon. De esta forma, los mensajes no incluyen estos datos de gran tamaño, sino sólo su ubicación en la nube. Los datos de entrada son recuperados desde esta ubicación antes de utilizarlos en los procesos, y los resultados son también almacenados en la nube antes de enviar los mensajes con la ubicación de los resultados.

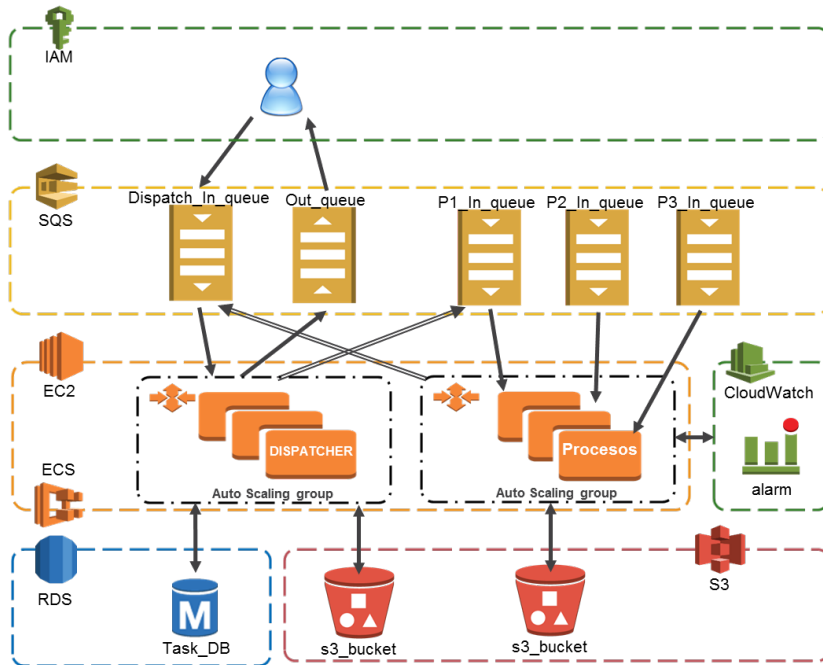


Figure 11. Implementación del modelo de arquitectura en la nube de Amazon

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos propuesto un modelo de arquitectura en la nube para trabajo colaborativo que se basa en desacoplar los distintos procesos individuales que los integrantes del grupo colaborativo van desarrollando y en compartirlos a través de la nube. Estos procesos individuales se ejecutarán en la nube, como un servicio, y atenderán peticiones provenientes de una cola de entrada de mensajes. Los resultados los colocarán también en una cola de salida. El elemento que realiza la orquestación del sistema es el *dispatcher* que toma los mensajes de su cola de entrada y determina qué debe hacerse en cada caso. La estructura que debe darse a los mensajes que especifican las tareas a ejecutar es también un elemento determinante en el sistema.

La implementación de la arquitectura en la nube de AWS es elásticamente escalable y responde a cambios en la demanda aprovisionando más recursos o liberando los recursos que no son necesarios. Tanto el *dispatcher* como los procesos individuales son autoescalables de forma transparente a los usuarios, lo que hace al sistema robusto, resistente a fallos y flexible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento al Departamento de Informática y Sistemas y al Instituto Universitario de

Investigación en Ciencias y Tecnologías Cibernéticas, ambos de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, por la financiación para realizar este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Varia, Building GrepTheWeb in the Cloud, Part1: Cloud Architectures, Amazon Web Services, 2008. Disponible en: <http://aws.amazon.com/articles/1632>.
- [2] G. Reese, Cloud Applications Architectures: Building Applications and Infrastructure in the Cloud, O'Reilly, 2009.
- [3] B. Wilder, Cloud Architecture Patterns. Building Cloud-native Applications, O'Reilly, 2012.
- [4] M. Wittig and A. Wittig, Amazon Web Services in Action. Manning Publications, 2015.
- [5] A. Wiggins, The Twelve-Factor App, 2012. Disponible en: <http://12factor.net/12factor.epub>
- [6] J. Highsmith, Adaptive Software Development. A Collaborative Approach to Managing Complex Systems, Addison-Wesley, 2013.
- [7] F. Quintana-Dominguez, C. Cuenca-Hernández and A. Rodríguez-Rodríguez, "A Cloud Architecture Approximation to Collaborative Environments for Image Analysis Applications", Lecture Notes in Computer Sciences, 9520, pp 797-804 Computer Aided Systems Theory-EUROCAST 2015-15th International Conference, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, February 8-13, 2015, Revised Selected Papers
- [8] J. Ary, Instant Drools Starter, Packt Publishing Ltd, 2013
- [9] L. Amador. Drools Developer's Cookbook, Packt Publishing Ltd, 2012
- [10] K. Matthias and S. Kane. "Docker: Up & Running", O'Reilly, 2015.

Inteligencia de Negocios aplicada a entornos de monitorización y meta-monitorización

Business Intelligence applied to monitoring and meta-monitoring scenarios

Pablo, Pico-Valencia
Ingeniería de Sistemas y Computación
Pontificia Univ Católica Ecuador
Esmeraldas, Ecuador
ppico@pucese.edu.ec

Resumo — Este trabajo presenta el uso del proceso de Inteligencia de Negocios y algunas de sus tecnologías para ejecutar acciones de monitorización y meta-monitorización sobre los datos sensados y los componentes físicos que forman parte de una plataforma de monitorización medioambiental. Dichas acciones están relacionadas principalmente con la captura de datos que sirven de insumo para llevar a cabo el proceso de toma de decisiones en materia de regulación y control de la contaminación medioambiental, y la definición de políticas y acciones preventivas/correctivas para mantener operativa la infraestructura física de monitorización. Para el desarrollo de la aplicación, se utilizaron tres de las herramientas de la Suite Pentaho: Kettle para llevar a cabo el proceso de Extracción, Transformación y Carga (ETL) de datos almacenados bajo el paradigma del modelo relacional (MySQL) y no relacional (MongoDB), Worchbench para la creación de cubos de procesamiento analítico en línea (OLAP) que operan sobre el datawarehouse creado a partir de los datos operacionales de la aplicación de monitorización, y BI Server para la publicación de los cubos OLAP definidos. Finalmente, se obtuvo como resultado una herramienta con una interfaz amigable para el usuario y con capacidades para filtrar, y generar automáticamente tablas de resumen y gráficos estadísticos, sobre los datos de una infraestructura física de monitorización medioambiental.

Palabras Clave - *Inteligencia de Negocios; monitorización, meta-monitorización; OLAP; datawarehouse; Pentaho.*

Abstract — This paper presents the use of the Business Intelligence process and some of its technologies to perform monitoring and meta-monitoring actions on sensed data and physical components that compose an environmental monitoring platform. These actions are mainly related to the capture of data that are the input to carry out the support of the decision-making process in the regulation and control of environmental pollution, the definition of policies, and the application of preventive and corrective actions to keep the monitoring physical infrastructure operational. For application development, they were used three tools of the Pentaho Suite. Kettle for carrying out the Extraction, Transformation and Load (ETL) process of data stored using the relational model (MySQL), and the no relational (MongoDB) paradigm, Worchbench for modelling the On-Line Analytical Processing (OLAP) cubes that operate over the data warehouse created from the monitoring operational data, and BI Server tool

for publishing the defined cubes. Finally, we obtain as result a tool with a user friendly interface, and with capacities to filter and generate automatically summary tables and statistical graphics, based on the data of an environmental monitoring physical infrastructure.

Keywords – *Business Intelligence; monitoring, meta-monitoring; OLAP; data warehouse; Pentaho.*

I. INTRODUCCIÓN

La evolución suscitada en torno a Internet en los últimos años, ha sido una de las principales causas del fenómeno de la inundación de datos al que hoy en día se enfrenta la web, las empresas y los usuarios en general. Grandes volúmenes de datos tratados de forma desacoplada son poco significativos y no aportan información relevante en ninguna área. En este sentido, los sistemas de Inteligencia de Negocios o Business Intelligence (BI) han facilitado la integración de fuentes heterogéneas de datos, inicialmente en el área empresarial [1] y poco a poco se han ido extendiendo a otros dominios como la salud [2], logística [3], entre otras.

Un sistema de BI combina procesos de integración, almacenamiento y tratamiento analítico de datos para generar información y conocimiento que contribuya en el proceso de toma de decisiones en entornos dinámicos [4]–[6]. Sin embargo, su implementación no es un proceso trivial debido al alto coste del software, las elevadas exigencias de infraestructura tecnológica [7] y la complejidad asociada a la heterogeneidad sintáctica y semántica de las fuentes de datos que gestionan los sistemas transaccionales.

Frente a las dificultades implícitas en el proceso de implementación de técnicas de BI a nivel organizacional, muchas no han escatimado recursos ni esfuerzos para implantar estas técnicas y así dar valor añadido a sus datos operacionales a partir de los cuales se toman decisiones. No obstante, los avances tecnológicos actuales han beneficiado a la mediana y pequeña empresa para que independientemente del recurso financiero del que dispongan, puedan también acceder a este tipo de herramientas. Paquetes informáticos de BI tales como: JasperSoft, Pentaho [8], SpagoBi o Vanilla, se distribuyen bajo

licencia Open Source y cuentan con un potencial equiparable a las herramientas comerciales existentes.

Considerando los beneficios ofrecidos por el enfoque de BI, se propone el uso del proceso de Inteligencia de Negocios y algunas de sus tecnologías para llevar a cabo acciones de monitorización y meta-monitorización en el dominio medioambiental. El proceso de monitorización parte de los datos operacionales de un sistema transaccional de monitorización medioambiental; mientras que el proceso de meta-monitorización se fundamenta en los metadatos asociados a los componentes de la infraestructura física. Por tanto, de manera integrada es posible generar información de relevancia para facilitar el control de la contaminación medioambiental, aplicar las políticas adecuadas cuando se superen los máximos permisibles de contaminación, crear políticas de mantenibilidad del sistema global, y ejecutar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo para disminuir o evitar posibles fallos sobre los componentes de la infraestructura de manera oportuna.

El presente documento detalla aspectos generales relacionados con las etapas del proceso de BI aplicadas en infraestructuras medioambientales para ejecutar procesos de monitorización y meta-monitorización. La sección 2 describe las principales fuentes de datos operacionales utilizadas, los procesos de monitorización y meta-monitorización y los modelos de las dos bases de datos transaccionales gestionadas por la red de sensores ambiental utilizada. En la Sección 3, se presentan las principales herramientas de la suite Pentaho para llevar a cabo el proceso de integración de los datos operaciones en el datawarehouse, la creación del modelo multidimensional de monitorización y meta-monitorización, la creación de los cubos OLAP (On-Line Analytical Processing), y la publicación de dichos cubos en el servidor de Pentaho BI. Finalmente, se presentan las respectivas conclusiones en la Sección 4.

II. DATOS EN ENTORNOS DE MONITORIZACION Y META-MONITORIZACION

A. Fuentes de datos

Una plataforma de monitorización medioambiental se compone generalmente de una o varias fuentes de datos, las cuales pueden estar implementadas en distintos Sistemas de Gestión de Base de Datos (SGBD) mediante la adopción de diferentes modelos para la organización y almacenamiento de los datos. Se origina entonces, la heterogeneidad sintáctica de datos, que en conjunto con la heterogeneidad semántica provocada por las diferentes concepciones que se le hayan podido dar al significado de los datos almacenados, nos pone frente a fuentes de datos de tratamiento complejo.

La aplicación propuesta parte de fuentes de datos heterogéneas debido a que se utilizaron dos bases de datos operacionales que adoptan dos paradigmas distintos, el relacional y el no relacional.

La primera fuente constituye el principal banco de datos de la aplicación de monitorización medioambiental y fue diseñada mediante el modelo relacional (Figura 1) e implementada a través del SGBD MySQL [9]. Almacena los valores obtenidos por los sensores de cada uno de los parámetros de contaminación (atmosféricos, hídricos, edafológicos, acústicos)

y además guarda los metadatos (localización geográfica, fecha de reemplazo, y otros detalles técnicos) asociados a los dispositivos de la red física de monitorización para conocer su estado.

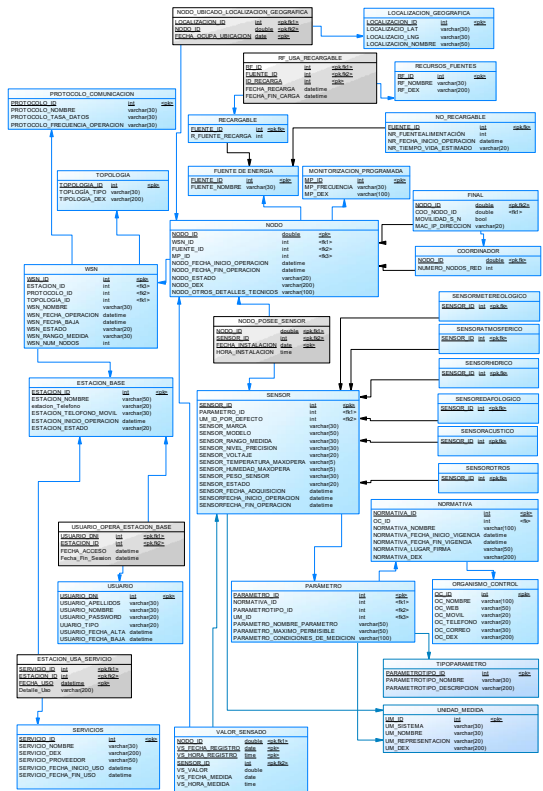


Figure 1. Modelo físico de datos de la plataforma de monitorización medioambiental.

La segunda fuente de datos constituye la base de datos del organismo de control en materia medioambiental, la cual fue implementada mediante una colección de documentos MongoDB [10]. Dichos documentos, estructurados en la Figura 2, almacenan información relacionada con la componente legislativa medioambiental que maneja el organismo de control tales como: normativa, tipo de parámetros medioambientales, nomenclatura de los parámetros medioambientales (dióxido de nitrógeno, salinidad, nivel de ruido, etc.), sus correspondientes máximos permisibles, y la unidad de medida usada para definir dichos parámetros.

Es importante señalar que para la creación del repositorio se utilizaron las dos fuentes anteriormente descritas con el objetivo de mantener actualizada la información en función de los cambios que se vayan suscitando, tanto en el ente de regulación de la contaminación ambiental, así como en el banco de datos utilizado por la plataforma física de monitorización para el almacenamiento de los datos posterior a su medición.


```

/*Colección Unidad de Medida*/
{
  "_id": "integer val",
  "medidatema": "string val",
  "unidades": "string val",
  "unidadesposicion": "string val",
  "unidades": "string val"
}
/*Colección Tipo Parametro*/
{
  "_id": "integer val",
  "parametroTipoNombre": "string val",
  "parametroTipoDescripcion": "string val"
}
/*Colección Organismo*/
{
  "_id": "integer val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val",
  "organismo": "string val"
}
/*Colección Normativa*/
{
  "_id": "integer val",
  "codigo": "integer val",
  "normativaNombre": "string val",
  "normativaFechaInicioVigencia": "string val",
  "normativaFechaFinVigencia": "string val",
  "normativaVigenciaEjemplar": "string val",
  "normativaFecha": "string val"
}
/*Colección Parametro*/
{
  "_id": "integer val",
  "normativaId": "integer val"
}
/*Colección Parametro*/
{
  "parametroTipoId": {
    "parametroTipoId": "integer val"
  },
  "unidadId": {
    "unidadId": "integer val"
  },
  "parametroNombreParametro": "string val",
  "parametroCondicionBebMedicion": "string val"
}

```

Figure 2. Estructura de los documentos MongoDB usados por el organismo de control.

B. Proceso de monitorización

De forma general, el proceso de monitorización consiste en obtener información del entorno para su posterior análisis. Para el caso de la monitorización de contaminación medioambiental, el proceso se limita a observar el comportamiento de los parámetros de contaminación en función de una legislación, una escala espacial y una escala temporal.

El proceso de monitorización propuesto está basado en doce relaciones que forman parte del modelo de la base de datos transaccional usado por la red de sensores inalámbricos, detallada en la Figura 1, las cuales han sido categorizadas en aspectos “legislativos” y en “componentes de la red”. Dichas entidades se describen en la Tabla I.

TABLE I. ENTIDADES DEL MODELO DE DATOS UTILIZADOS POR LA PLATAFORMA DE MONITORIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL.

	Entidad	Descripción
A. Legislación	Normativa	Ley o Legislación medioambiental vigente en una delimitada zona geográfica.
	Tipo Parámetro	Naturaleza de un parámetro medioambiental definido por una Normativa. Puede ser atmosférico, hídrico, edafológico, acústico, y vario.
	Parámetro	Medida de naturaleza fisico-química de contaminación medioambiental.
	Unidad Medida	Cantidad estandarizada en una magnitud fisico-química adoptada por una Normativa.
	WSN	Plataforma o red de sensores inalámbrica de monitorización medioambiental que provee de uno o varios Valores Sensados.
A. Red de Sensor	Nodo	Nodo sensorial inalámbrico o lámbrico dotado de sensores y componentes de procesamiento y comunicación para el envío de tramas a otros nodos o la estación base.
	Topología	Topología de red desplegada para establecer comunicaciones entre los nodos de dicha red.
	Protocolo Comunicación	Protocolo de comunicación compatible con los nodos sensoriales de la red para establecer comunicación.
	Nodo Final	Nodo sensorial con capacidad para medir parámetros de contaminación ambiental, generar tramas de datos de contaminación ambiental y enviarlas a otros nodos coordinadores o a la estación base.
	Nodo Coordinador	Nodo sensorial con capacidad procesamiento, recepción de datos de nodos finales y envío de tramas a la estación base.
	Sensor	Componente físico para medir parámetros de contaminación medioambiental o alterar condiciones del entorno donde se encuentra.
	Valor Sensado	Valor de Parámetro capturado por un Sensor.

C. Proceso de meta-monitorización

El término meta-monitorización puede tener varias interpretaciones y ser aplicado de forma diferente según el área y contexto donde se lo use. Por ejemplo, Kirschenbaum lo define como un proceso de retroalimentación secundaria en el que se monitoriza un progreso en función de ciertos objetivos de autorregulación [11]. Por otro lado, Waller lo describe como un proceso de monitorización de un sistema mientras éste ejecuta otra tarea de monitorización [12]. No obstante, esta investigación se fundamenta en éstas bases y en el enfoque propuesto por Röcker, quien identifica la necesidad de que los grandes centros de cálculo incluyan herramientas sofisticadas para llevar un seguimiento de las infraestructuras en función del flujo de información procedente de fuentes heterogéneas de monitorización para identificar anomalías a partir de éste [13].

Para llevar a cabo el proceso de meta-monitorización se han aprovechado los metadatos de los componentes de la infraestructura física de monitorización, almacenados en la base de datos implementada en MySQL. Dichos datos se encuentran almacenados en ocho relaciones categorizadas en aspectos “recursos extras” que mantienen operativa la plataforma, y en aspectos relacionados con el “uso de valores sensados” como se detalla en la Tabla II. Adicional a ello, se incluye información complementaria relacionada con datos de los nodos finales, coordinadores y sensores conectados a la red de monitorización.

TABLE II. ENTIDADES DEL MODELO DE DATOS UTILIZADOS POR LA PLATAFORMA DE META-MONITORIZACIÓN MEDIOAMBIENTAL.

	Entidad	Descripción
A. Recursos Extras	Recurso de Fuente	Recurso para recargar o alimentar las fuentes de alimentación compatibles con los nodos sensoriales de la WSN.
	Fuente de Energía	Fuente de alimentación compatible con los nodos sensoriales de la WSN.
	Monitorización Programada	Planificación de sensado en función de una escala temporal definida en la Normativa empleada.
	Localización Geográfica	Coordenada geográfica en formato Google Maps que define la ubicación de un nodo de la WSN y satisface la escala espacial impuesta por la Normativa.
A. Uso Valores Sensados	Estación Base	Centro de administración, monitorización y control de operaciones de la(s) plataforma(s) de monitorización.
	Servicio	Servicio externo que usa una estación base para obtener datos complementarios y que son proveídos por un agente externo cualificado.
	Usuario	Usuario que gestiona, monitoriza y mantiene la infraestructura física de monitorización.
	Organismo de Control	Institución pública o privada encargada de regular los niveles de contaminación medioambiental en una zona geográfica.

III. LA SUITE PENTHAO BI Y SU APLICACIÓN EN PROCESOS DE MONITORIZACIÓN Y META-MONITORIZACIÓN

La suite de Pentaho [8] constituye uno de los paquetes informáticos de BI más utilizados en la actualidad [14], [15] debido a que se distribuye bajo Licencia Pública GNU (GPL) y licencia empresarial de bajo coste. La diferencia entre ambas distribuciones radica principalmente en que la licencia empresarial provee soporte e interfaces que lo hacen más amigable con el usuario. Sin embargo, Pentaho Suite Open

Source proporciona aplicaciones como Pentaho Data Integration (Kettle), Pentaho Reporting, Pentaho Dashboards, Pentaho Analysis Services y Pentaho Data Mining, que permiten ejecutar procesos ETL, crear y publicar cubos OLAP, generar reportes, y aplicar algoritmos de minería de datos para descubrir patrones en grandes volúmenes de datos. Todas ellas, orientadas a cubrir de manera fiable los procesos elementales involucrados con el paradigma de BI.

En la Figura 3, se detallan las etapas que se han seguido para desarrollar la aplicación de monitorización y meta-monitorización aplicando técnicas de BI. Se parte de las fuentes de datos gestionados mediante MySQL y MongoDB, descritas en la sección anterior, para efectuar el proceso ETL y así cargar el repositorio o datawarehouse con datos extraídos mediante el uso de transformaciones Kettle. Posterior a ello, se crearon los cubos OLAP basados en el modelo en estrella a través de la herramienta Schema Workbench. Finalmente, aplicando la herramienta BI Server se publicaron los cubos creados para proporcionar al usuario un interfaz amigable que le permita filtrar los datos de las dimensiones asociadas a cada cubo y así obtener resúmenes a partir de los datos almacenados en el repositorio.

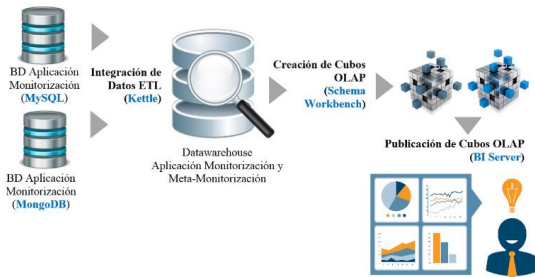


Figure 3. Proceso de BI para el desarrollo de aplicaciones de monitorización y meta-monitorización.

A. Proceso de Extracción, Transformación y Carga (ETL)

Previo a la ejecución del proceso de integración y refinamiento de datos de los sistemas transaccionales, se analizó detalladamente la base de datos de MySQL y MongoDB a fin de diseñar la estructura del datawarehouse de la aplicación, el cual se desarrolló en MySQL siguiendo los lineamientos del modelo relacional, como se detalla en la Figura 4. Posterior a ello, se diseñaron los procesos ETL para cargar los datos en el repositorio aplicando dos transformaciones Kettle.

La primera transformación esquematizada parcialmente en la Figura 5.a, extrae los datos de las tablas pertenecientes a la base de datos transaccional usada por la red de sensores para almacenarlos en el datawarehouse una vez se haya hecho el proceso de refinamiento o conversión al formato tabla del modelo relacional. Entonces, los datos relevantes de la tabla “infraestructura.valorsensado” serán almacenados en la tabla “datawarehouse.valorsensado”, los datos pertenecientes a la tabla “infraestructura.nodofinal” se almacenan en la tabla “datawarehouse.nodofinal”, y así sucesivamente con cada una de las relaciones incluidas en la Tabla II y también con aquellas

ligadas a aspectos que tiene que ver con la red sensorial incluidas en la Tabla I.

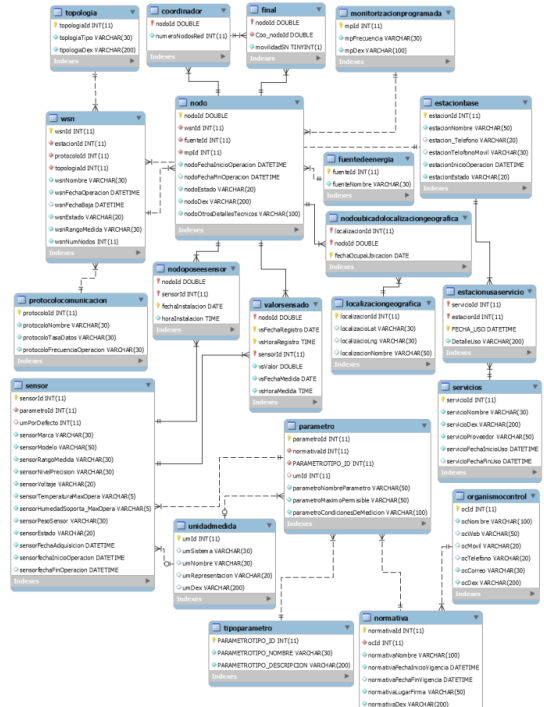


Figure 4. Modelo físico del datawarehouse implementado en MySQL.

La segunda transformación Kettle modelada en la Figura 5.b, describe el proceso de extracción de los datos que gestiona el organismo regulador de la contaminación ambiental almacenados en colecciones MongoDB para su correspondiente almacenamiento en el datawarehouse. En esta situación en particular la colección de documentos “mongo.parámetro” es transformada a relacional, refinada y almacenada en la tabla “datawarehouse.parámetro”, la colección “mongo.normativa” inyecta de datos a la tabla “datawarehouse.normativa”, y así sucesivamente por cada una de las colecciones MongoDB relacionadas con el aspecto legislativo, detalladas en la primera sección de la Tabla I.

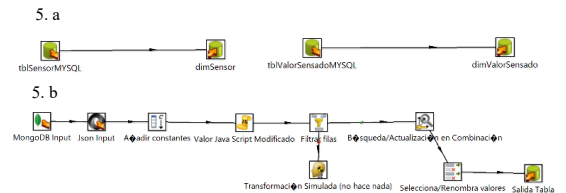


Figure 5. Transformación Kettle para la extracción, transformación y carga de los datos 5.a) operacionales de MySQL y 5.b) MongoDB, en el datawarehouse.

B. Cubos OLAP

El modelo general de la base de datos multidimensional de la aplicación, ilustrado en la Figura 6, sigue el esquema copo de nieve. Básicamente, se compone de una tabla de hechos denominada "monitorización" la cual permite el análisis de los datos en función de diez dimensiones: plataforma, normativa, parámetro ambiental, localización geográfica, organismo regulador, sensor, temporal, valor sentido, unidad de medida y categoría de parámetro ambiental.

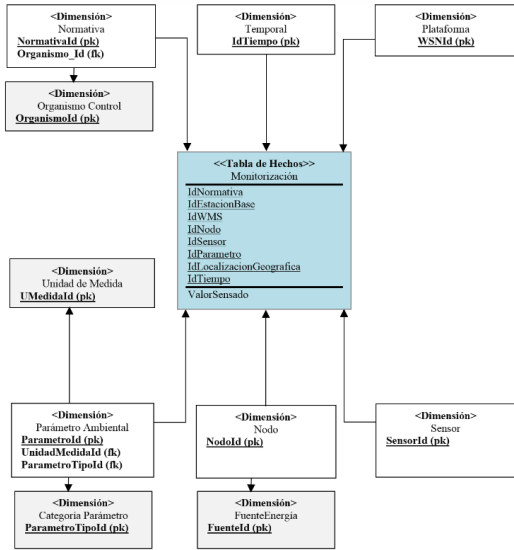


Figure 6. Estructura general multidimensional de la aplicación.

En función del proceso (monitorización o meta-monitorización) y del análisis que se pretenda realizar sobre los datos del datawarehouse, para el diseño de los cubos OLAP se han seleccionado de entre dos a tres dimensiones de las incluidas en el modelo multidimensional. No se han incluido más de tres dimensiones debido a que el uso de un hipercono con una cantidad superior de dimensiones a las empleadas, dificulta su representación y no realiza aporte alguno a la hora de realizar el análisis de los datos. La aplicación propuesta está compuesta de varios cubos OLAP que usan las un subconjunto de dimensiones de entre las 10 ya especificadas. A continuación se describen dos cubos OLAP incluidos en la aplicación desarrollada, los cuales fueron creados empleando la herramienta Schema Workbench.

El primer cubo, ilustrado en la Figura 7.a, sigue el esquema en estrella y permite efectuar procesos de monitorización para analizar los máximos permisibles en función del tipo de parámetro, de la nomenclatura del parámetro y del tiempo.

El segundo cubo OLAP ilustrado en la Figura 7.b permite realizar un análisis de los datos relacionados con los dispositivos que constituyen la plataforma de monitorización para analizar su estado (meta-monitorización). De manera similar al cubo anterior, éste también se compone de tres

dimensiones y permite analizar los parámetros de contaminación medioambiental en función del sensor usado por la red inalámbrica y del tiempo, para así obtener las medidas proporcionadas por cada sensor y detectar posibles anomalías originadas en los dispositivos que capturan los datos del entorno (mantenimiento correctivo).

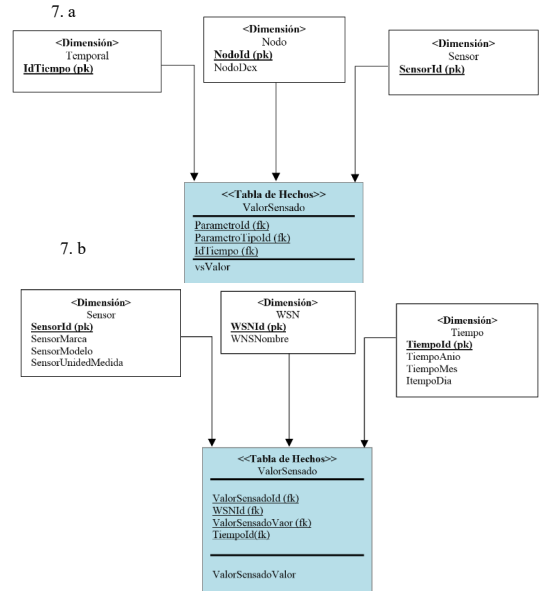


Figure 7. Estructura cubo OLAP para el análisis de datos de 7.a) monitorización y 7.b) meta-monitorización.

C. Publicación de cubos OLAP

La última etapa del proceso corresponde a la publicación de los cubos OLAP en Pentaho BI Server. Éste proceso permite al usuario final seleccionar desde una interfaz web, como la mostrada en la Figura 8, cualquiera de los cubos OLAP definidos en la aplicación, navegar entre las dimensiones que le componen (máximo tres) y las medidas definidas (suma, cuenta, máximo, promedio, mínimo) para filtrar los datos del repositorio en función de dichos elementos.

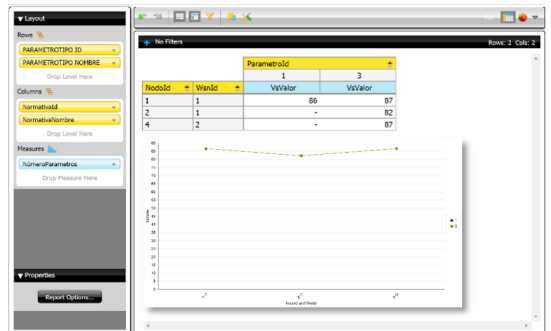


Figure 8. Interfaz de monitorización y meta-monitorización proporcionada por Pentaho BI Server.

Los resultados proporcionados por cualquiera de los cubos OLAP publicados en el servidor de BI, se obtienen en formato de tabla y gráfico estadístico, a partir de una consulta de agregado parametrizada con las opciones que el usuario especifica al navegar por cada componente del cubo. Para ejecutar una acción de monitorización o meta-monitorización, el usuario final puede acceder a la aplicación desde cualquier navegador web instalado en un ordenador personal o dispositivo móvil que tenga conexión a Internet y luego seguir los siguientes pasos: (i) escribir en el navegador web la dirección URL donde reside la aplicación (<http://localhost:8080/pentaho/Home>), (ii) autenticarse como usuario del sistema a través de un identificador y una contraseña, (iii) seleccionar uno de los cubos OLAP de entre los que se encuentran publicados en el servidor de BI (*monitorización_valorsensado_OLAP*), (iv) seleccionar el campo o campos (pertenecientes a las dimensiones implicadas) por el que obtiene el resumen de la información tanto para las filas y las columnas de la tabla generada por la herramienta de análisis (*dimTipoParámetro*_{ParámetroTipoId}, *dimTiempo*_{Semana}), (v) elegir una medida de entre las definidas en el cubo (*ValorSensado*_{promedio}), (vi) y repetir los pasos iv y v para reconfigurar la petición en función de otros campos u otras medidas definidas en el cubo en el que está navegando. Por tanto, la ejecución de los pasos anteriores, permite al usuario final de la aplicación usar cualquiera de los cubos OLAP publicados en el servidor de BI siempre que cuente con los privilegios para hacerlo.

IV. CONCLUSIONES

El uso de técnicas de Inteligencia de Negocios en acciones de monitorización y meta-monitorización facilita considerablemente las tareas de vigilancia en el área medioambiental debido a que resume los datos de múltiples fuentes de datos heterogéneas usando elementos de la Estadística descriptiva tales como tablas y gráficos, a partir de los cuales se generan reportes para ayudar al ente correspondiente en el proceso de toma de decisiones.

Una plataforma física basada en la tecnología sensorial inalámbrica genera grandes volúmenes de datos que permiten ejecutar acciones de monitorización en tiempo real para emitir alertas en función de los niveles de contaminación. Sin embargo, los organismos de vigilancia ambiental también requieren analizar los históricos de estos datos para conocer la evolución de la contaminación en función del tiempo, y así tener fundamentos para actualizar las normativas existentes o aplicar medidas de control. En este sentido, una herramienta como la propuesta provee un medio útil para el análisis multidimensional de los datos, y así generar información con valor añadido.

Es importante gestionar los metadatos de los componentes físicos que forman la plataforma física de monitorización. Muchas veces, éste no es considerado como un aspecto relevante a la hora de diseñar el modelo de datos de la plataforma o red sensorial inalámbrica, lo cual dificulta a posteriori que se puedan conocer el estado de los sensores que capturan los datos y ejecutar las acciones de mantenimiento. La herramienta de meta-monitorización propuesta, aprovecha los

datos de esta naturaleza para vigilar también el correcto funcionamiento de la red de sensores que permite capturar los datos relacionados con los niveles de contaminación, y así proveer de información a los administradores de la infraestructura para que actúen de forma preventiva para ejecutar cambios de forma oportuna que eviten posibles errores y fallos en el proceso de monitorización.

Finalmente, el sistema propuesto constituye una herramienta útil para proporcionar información sobre los niveles de contaminación ambiental, no solo a los entes reguladores, sino también a la ciudadanía en general. El uso de una interfaz web, permite que cualquier usuario pueda acceder a la información y realizar consultas desde un ordenador o dispositivo móvil que cuente con conexión a Internet y un navegador web.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación del Ecuador (SENESCYT) a través del programa de doctorado para docentes universitarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] L. Duan and L. Da Xu, "Business intelligence for enterprise systems: a survey," *Ind. Informatics, IEEE Trans.*, vol. 8, no. c, pp. 1–9, 2012.
- [2] P. Brooks, O. El-Gayar, and S. Sarnikar, "A framework for developing a domain specific business intelligence maturity model: Application to healthcare," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 35, no. 3, pp. 337–345, 2015.
- [3] G. B. Orgaz, D. F. Barrero, M. D. R-Moreno, and D. Camacho, "Acquisition of business intelligence from human experience in route planning," *Enterp. Inf. Syst.*, vol. 9, no. 3, pp. 303–323, 2015.
- [4] S. Negash and S. Negash, "Information and Communication Technology (ICT) Investment in Economically Developing Countries," *Am. Conf. Inf. Syst.*, 2006.
- [5] Z. Jourdan, R. K. Rainer, and T. E. Marshall, "Business intelligence: An analysis of the literature," *Inf. Syst. Manage.*, vol. 25, no. 2, pp. 121–131, 2008.
- [6] P. Cortez and M. F. Santos, "Recent advantages on knowledge discovery and business intelligence," *Expert Syst.*, vol. 32, no. 3, pp. 433–434, 2015.
- [7] T. Guarda, M. F. Santos, M. F. Augusto, C. Silva, and F. Pinto, "Process Mining: A framework proposal for Pervasive Business Intelligence," *Inf. Syst. Technol. (CISTI), 2013 8th Iber. Conf.*, pp. 1–4, 2013.
- [8] Pentaho Corporation, "Pentaho." [Online]. Available: <http://www.pentaho.com/>. [Accessed: 08-Feb-2016].
- [9] O. Corporation, "MySQL," 2016. [Online]. Available: <https://www.mysql.com/>. [Accessed: 08-Feb-2016].
- [10] "MongoDB." [Online]. Available: <https://www.mongodb.org/>. [Accessed: 08-Feb-2016].
- [11] D. S. Kirschenbaum and G. G. Rosengarten, "Meta-monitoring: Case illustrations of a potential 'Slump-Buster' for self-regulatory problems," *J. Clin. Psychol. Med. Settings*, vol. 1, no. 3, pp. 245–254, 1994.
- [12] J. Waller, "Meta-Monitoring: Monitoring the Monitoring Framework," in *Performance Benchmarking of Applications Monitoring Frameworks*, 2014.
- [13] S. Röcker, A. Burgmeier, M. Heinrich, G. Quast, G. Vollmer, and M. Zvada, "Meta-Monitoring with the Happyface project," p. 140.
- [14] A. Marinheiro and J. Bernardino, "Experimental Evaluation of Open Source Business Intelligence Suites using OpenBRR," *IEEE Lat. Am. Trans.*, vol. 13, no. 3, pp. 810–817, 2015.
- [15] A. Marinheiro and J. Bernardino, "Analysis of Open Source Business Intelligence Suites," *Anal. open source Bus. Intell. suites*, p. 7, 2013.

Tratamiento de Información en Salud en Plataformas Digitales de Ecuador

Treatment of Health Information in Digital Platforms Ecuador

Luis Javier Ontaneda Vivanco
Ketty Daniela Calva Cabrera
Mónica Maldonado Espinosa
Departamento de Comunicación Social
Universidad Nacional de Loja
Loja, Ecuador
luis.j.ontaneda@unl.edu.ec

Resumen — Esta investigación estudia el tratamiento de noticias referentes a la salud en las plataformas digitales de Ecuador. A través de un análisis de contenido se realizó la búsqueda de piezas informativas en los años 2014 y 2015, teniendo un total de 198. Éstas se basan en los temas de desnutrición infantil, tuberculosis y consumo de cigarrillo. Están clasificadas mediante un código estructurado en: resultados de medios, contenido de información y cualificación general de la información en el entorno demográfico ecuatoriano. Nuestra investigación establece los vínculos de la comunicación en salud y la introducción de las TICs, las que ocasionan una revolución en el desarrollo de todas las ramas de la ciencia en general. Entre los resultados destacamos que en las piezas informativas se maneja un lenguaje científico no aclaratorio y no plantean esquemas de contenidos innovadores. Nuestra conclusión es que aún los medios digitales, siendo vías de comunicación recientes en la sociedad, no plantean diversidad de opciones para el lector.

Palabras Clave – salud; Plataformas digitales; Ecuador; TIC.

Abstract — This research studies the treatment of news related to health in Ecuador digital platforms. Through a content analysis of news items search was conducted in 2014 and 2015, with a total of 198. They are based on the issues of child malnutrition, tuberculosis and smoking. They are classified using a structured code: results media information content and overall qualification information in the Ecuadorian demographic environment. Our research establishes communication links health and the introduction of ICTs, causing a revolution in the development of all branches of science in general. The results highlight that the news items no explanatory scientific language is managed and pose no innovative content schemes. Our conclusion is that even the digital media, where recent communication pathways in society and not pose variety of options for the reader.

Keywords - health; Digital platforms; Ecuador; TIC.

I. INTRODUCCIÓN

Con la nueva Sociedad Red se ha migrado desde una producción impresa hasta ofrecer contenidos de fácil acceso en la Web, se ofrece a los lectores un medio virtual con las mismas condiciones de información que un medio impreso, sin embargo, los medios y plataformas digitales de comunicación ecuatorianas no ofrecen variedad y calidad en cuanto a la información en salud se refiere.

Por ello, Maraño [1] señala que “El periodismo del siglo XXI se está adaptando a la sociedad de la información y especialmente, a través del fenómeno Internet, ha nacido un medio de comunicación digital, interactiva y multimedia que supone una nueva forma de elaborar, estructurar y difundir las noticias”. Es decir, cada vez se puede observar un crecimiento de medios digitales ofreciendo a los usuarios nuevas alternativas para estar comunicados, recibiendo información instantánea que puede mejorar la capacidad de reacción ante situaciones inesperadas. También lo confirman Punín, Martínez y Rencoret “La información disponible a través de los medios digitales crece geométricamente, así como la utilización de los ordenadores personales para su búsqueda” [2].

En otro sentido, la salud siempre ha sido y es considerada como la mayor preocupación del ser humano. Los medios de comunicación siempre están informando sobre este tema por ser de gran valía para los seres humanos. A través del tiempo muchos de estos centros informativos como son los medios de masas (principalmente), han identificado a la salud como uno de los principales temas de cobertura y en conclusión de difusión de contenido. Por tal motivo, es importante proporcionar a las personas herramientas de comunicación para la prevención de enfermedades o el tratamiento de las mismas, de manera efectiva con la ayuda de profesionales capacitados, que con sus conocimientos contribuyan para lograr una cultura de prevención en las personas.

La hipótesis que se plantea es la siguiente: ¿Las plataformas digitales manejan información conceptualizada y tratada de una manera social para la lectura comprensiva de los usuarios? En

este sentido, el presente trabajo se centra en analizar el tratamiento de la información en salud en medios digitales como diarios, revistas, blogs de opinión, y páginas institucionales con base en las enfermedades como desnutrición infantil, tuberculosis y hábitos contraproducentes, específicamente el consumo de cigarrillo, con el fin de determinar y diagnosticar el tratamiento que se le da a través de los medios de comunicación digitales a la información en salud basándonos en ya mencionados temas de selección.

II. COMUNICACIÓN Y SALUD

Hernáiz [3] cita a Manuel Castells [4] y señala que existen tres posiciones en la información: “las personas desinformadas, informadas y superinformadas. Las primeras repiten lo que dice la televisión, las segundas amplían sus fuentes de información a la prensa, la radio, el cine, los discos y los libros. Los individuos superinformados añaden Internet”.

En la actualidad la comunicación y la salud muestran un nexo importante, según Villamil, González y Mosquera [5], “las estrategias de comunicación tienen el propósito de informar e influenciar decisiones individuales y comunitarias enfocadas a mejorar la salud personal y pública, convirtiéndose en elemento necesario para cumplir dichos objetivos.”

Continuando con dichos autores [5], acotan que la comunicación en la salud:

Contribuye en todos los aspectos de la prevención de la enfermedad incluyendo las relaciones médico-pacientes, la adherencia del individuo a recomendaciones clínicas y regímenes terapéuticos, la construcción de mensajes y campañas de salud pública en conjunto con la disseminación de información concerniente a riesgos para los individuos y las poblaciones, o comunicación preventiva [5].

Actualmente existen millares de medios masivos de comunicación, “la revolución tecnológica e informática permite que cada hora se suban a Internet miles de horas de videos, cada minuto se crea un nuevo blog, pareciera que el acceso y posibilidad de producir información se multiplica y democratiza, sin embargo, la gran concentración de la propiedad de los medios es alarmante y hace que la uniformidad del contenido sea abrumadora” [5]. Por lo mencionado es importante que se manejen nuevas formas de comunicación.

Es entendible que la introducción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación han ocasionado una revolución en el desarrollo de todas las ramas de las ciencias en general y de las ciencias de la salud en particular, especialmente en la formación de los recursos humanos en cualquiera de sus niveles educativos [6]. “La información disponible a través de los medios digitales crece geométricamente, así como la utilización de los ordenadores personales para su búsqueda” [2].

Reid [7] menciona que la salud es uno de los temas que más interesa a la población, lo cual ha llevado a los medios de comunicación a dar más cabida a este tema. Así, por ejemplo, los periódicos *El País*, *El Mundo*, *ABC* y *La Vanguardia* han

pasado de publicar 4.079 artículos dedicados a la salud en 1997, a 9.247 artículos en 2001. En el contexto actual en el que los numerosos avances que tienen lugar en la medicina vuelven a ésta más compleja, hay un aumento de la información sobre salud disponible en Internet y un mayor valor otorgado a las elecciones hechas por el paciente [7]. Varias organizaciones del sector salud han creado foros online de pacientes en los que éstos reciben consejos y formación por parte de profesionales de la salud.

El contexto actual en que los numerosos avances en la medicina, la vuelven una ciencia cada vez más compleja, se evidencia un incremento de la información sobre salud en internet. Pero, aún las investigaciones académicas sobre el tratamiento que se da ha la información en salud en medios digitales son reducidas [8].

III. METODOLOGÍA

Para el estudio se utilizó una metodología cuantitativa a través de la técnica de análisis de contenido. Fueron analizadas 198 piezas de información sobre salud en temas referentes a: desnutrición infantil, tuberculosis y malos hábitos, específicamente el consumo de cigarrillo durante los años 2014 y 2015. Se utilizó una ficha de recolección de datos [9].

Se considera un estudio cuantitativo “porque aborda dimensiones medibles y cuantificables, además de proporcionar datos numéricos, exactos, confiables y que pueden ser verificados” [10].

Sánchez [11] profundiza y conceptualiza que “el análisis de contenido supone aplicar sistemáticamente unas reglas fijadas previamente que sirvan para medir la frecuencia con que aparecen unos elementos de interés en el conjunto de una masa de información que hemos seleccionado para estudiar algunos de los aspectos que nos parecen útiles conforme a los propósitos de nuestra investigación”.

Las piezas informativas fueron seleccionadas de las páginas web a nivel nacional, tanto de medios de comunicación, portales web institucionales públicos o privados, y blogs.

Luego de ello, se realizó la separación y la selección de contenidos de acuerdo a los tres temas seleccionados, llegando a obtener una cantidad considerable de noticias para el análisis. Durante el proceso de investigación de campo, también se encontraron piezas de información sobre Ecuador en temas de salud, colgadas en plataformas digitales internacionales. Sin embargo, no fueron consideradas, ya que la recolección de datos para realizar esta investigación únicamente comprendía páginas web ecuatorianas. Finalmente, se procedió con el análisis que se presentará más adelante.

IV. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

TABLE I. PLATAFORMAS DIGITALES ANALIZADAS

Medios	Nº de piezas analizadas	Porcentaje
Los Andes	14	7,1

<i>Medios</i>	<i>Nº de piezas analizadas</i>	<i>Porcentaje</i>
Diario Centinela	13	6,6
El Telégrafo	12	6,1
El Mercurio	12	6,1
El Comercio	11	5,6
Diario La Hora	8	4,0
El Norte	8	4,0
El Verdadero	7	3,5
El Universo	5	2,5
Ministerio de Salud	4	2,0
Correo	4	2,0
La Prensa Chimborazo	4	2,0
El Ciudadano	4	2,0
La Prensa Chimborazo	3	1,5
Explored	3	1,5
Ubica Cuenca	3	1,5
Ecuavisa	3	1,5
Ministerio Coordinador de Desarrollo Social	3	1,5
El Tiempo	3	1,5
Ministerio de Inclusión Económica y Social	2	1,0
Radio HCJB	2	1,0
Expreso.ec	2	1,0
Ecuador Inmediato	2	1,0
Metro Quito	2	1,0
Multicanal Catamayo	2	1,0
El Diario - Manabí	2	1,0
Radio Huancavilca	2	1,0
Ecuador En Vivo	2	1,0
La Tarde	2	1,0
Notiamerica.com Ecuador	1	0,5
Caritas del Ecuador	1	0,5
WRadio 90.1	1	0,5
El Economista	1	0,5
Oearu	1	0,5
Otros medios ¹	49	25,5
Total	198	100

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

En la tabla I sobre las plataformas digitales analizadas, se verifica qué medios digitales ponen más énfasis en la

¹ Son 47 medios o plataformas de comunicación digital que aportan solamente una pieza informativa sobre comunicación en salud.

información de interés público. Son pocos los medios que superan el 5% en piezas de información en salud, están los diarios, *Los Andes*, *El Telégrafo* 6,1%, *El Comercio*, *El Mercurio* 6,1% y *Diario Centinela* cubren el 6,5%. A excepción del *Diario Centinela* y *El Mercurio* son diarios regionales, todos los demás citados en este párrafo son de ámbito nacional. Mientras que las páginas web de instituciones o blogs independientes de personas identificadas (periodistas y empíricos) no superan el 2% de publicaciones, sobre temas de salud relacionados con la desnutrición Infantil, tuberculosis o mal hábito de consumo de cigarrillo; porcentaje que corresponde al Ministerio de Salud Pública del Ecuador. Los portales web gubernamentales tienen buena presencia informativa en salud ya que se encontraron noticias - también llamados boletines de prensa- en páginas que no tienen relación alguna con la salubridad, caso de la Policía Nacional, que es la institución encargada de la seguridad nacional y el Ministerio de Inclusión Económica y social.

TABLE II. CUALIFICACIÓN GENERAL DE LA INFORMACIÓN EN EL ENTORNO DEMOGRÁFICO ECUATORIANO

Denotación de la pieza informativa	Frecuencia	Porcentaje
Positiva	180	90,9
Negativa	18	9,1
Total	198	100

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

TABLE III. RESULTADOS POR TEMAS

Temáticas de noticias	Frecuencia	Porcentaje
Desnutrición infantil	104	52,5
Tuberculosis	62	31,3
Consumo de cigarrillo	32	16,2
Total	198	100,0

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

Como se observa en la tabla II, respecto de la cualificación general de la información en el entorno demográfico ecuatoriano, la información sobre desnutrición infantil, tuberculosis o consumo de cigarrillo, pueden ser positiva en 90,9%. Esto quiere decir, que la salud para los medios de comunicación en el entorno ecuatoriano se ha convertido en una de las maneras más eficaces y rápidas de transmitir un mensaje, manifestando lo positivo y lo negativo de una situación o caso determinado en el área de salud. A raíz de las Campañas del Ministerio de Salud denominadas, “Desnutrición cero”, “Ecuador libre de Tuberculosis” y “Ecuador libre de humo”, iniciadas en el año 2012, se observa un cambio en la información, enfocada en disminuir los índices de la tuberculosis, insuficiente alimentación y el hábito del consumo de cigarrillo de tabaco, esta se maneja de forma oportuna, con mensajes directos adaptados a cada plataforma.

TABLE IV. TEMÁTICA Y LENGUAJE DE LAS PIEZAS INFORMATIVAS

<i>Temática y lenguaje</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Descubrimiento	11	5,6
Tratamiento	26	13,1
Política	50	25,3
Promoción social de la salud	60	30,3
Estadística	47	23,7
Otra	4	2
Total	198	100

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

Los temas que mayormente tratados en el periodo muestra de estudio (2015 y 2016), tienen que ver con aspectos relacionados con la promoción de la salud, en un total de 30,3%. Esto se debe a que los medios públicos hacen énfasis y se comprometen con las campañas que realiza el Gobierno Ecuatoriano a través del Ministerio de Salud. La salud desde un enfoque político posee un espacio del 25,3%, como respuesta a la inversión gubernamental en campañas de erradicación y prevención de enfermedades epidémicas, mortalidad infantil y salud pública. La información estadística en cuando a salud comprende el 23,7%, y no da enfoque del tratamiento, por ejemplo se informa el total de consumidores de cigarrillos y el daño que causa, sin enfocar el tratamiento de esta adicción.

TABLE V. HAY UNA EXPLICACIÓN SOBRE LOS HÁBITOS CONTRAPRODUENTES O DE LAS ENFERMEDADES

<i>Explicación de hábitos contraproducentes</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
No	108	55
Sí	190	45
Total	198	100

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

El 55% no lo hace, deja inconclusa la información, mientras que el 45% sí lo señala. Una de las causas se debe a que el periodista no maneja la información completa al momento de redactar la nota. El problema es de fondo más que de forma, el tratamiento de la noticia o reportaje depende mucho de las fuentes de información, al hablar de salud, el comunicador, cita en la nota informativa el aporte de un profesional en esta área, generalmente se basa la redacción en este único criterio, no hay profundización o contraste de información.

TABLE VI. LENGUAJE ESPECÍFICO Y NO ESPECIALIZADO

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Científico	110	56
No especializado	88	44
Total	198	100

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

Este 56% al parecer establece un lenguaje poco entendible para el común de las personas, el 44% restante utiliza un lenguaje no especializado. Una redacción divulgativa basada en términos científicos, se convierte en símbolos indescifrables para los lectores. Estos resultados se relacionan con los obtenidos en la tabla V, es decir, se está dando prioridad al lenguaje propio de la comunidad médica sobre un lenguaje divulgativo.

TABLE VII. EXPLICACIÓN DE TÉRMINOS COMPLEJOS O SINÓNIMOS EN LAS PIEZAS INFORMATIVAS

<i>Explican términos complejos</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
No	108	55
Sí	190	45
Total	198	100

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

Para constatar esto, se realizó dentro del código, una variable en donde se verificaría si realmente el redactor está capacitado o rige en este profesional una especialización en este campo. Los resultados señalan que simplemente los términos empleados son escritos para cubrir una información científica, sin preocuparse del consumidor digital que es el lector. Quienes profundizan en la explicación de las enfermedades o hábitos contraproducentes son mayoritariamente páginas institucionales. Lo que preocupa es, que el uso de términos complejos deja ver la falta de investigación y comprensión de la información por parte del comunicador. En el 55% de los textos analizados no explican la información, en las noticias se puede evidenciar que en muchos casos la solución no es tan compleja, resulta práctico y acertado cambiar una palabra por un sinónimo o el nombre médico o científico por el común de una enfermedad o dolencia.

Se pudo evidenciar que la redacción de los periodistas no es clara y concisa, en un 56% (tabla VI) de las piezas de información y artículos periodísticos de corte divulgativo, se maneja lenguaje científico y no común. Esto repercute en que se muestren falencias o errores. En un 55% (tabla VII) de los artículos totales analizados no hay explicaciones de los hábitos y en un mismo porcentaje, no existe explicación de los términos científicos que incluye el periodista en el texto. En este contexto resulta evidente que los profesionales de la comunicación, aun no se encuentran preparados o especialización en el tratamiento de temas de salud.

TABLE VIII. PIZAS INFORMATIVAS CON TEXTO, AUDIO Y VIDEO

	<i>Frecuencia</i>	<i>Porcentaje</i>
Combinadas (texto, audio e imagen.)	10	5
Combinadas (texto y audio)	3	2
Combinadas (texto e imagen)	149	75
Sólo texto	36	18
Total	198	100

Fuente. Ficha de recolección de datos (2015)
Elaboración. Los autores

En el comienzo de este análisis se manifestó que la mayoría de las piezas de información y artículos periodísticos, no son necesariamente de carácter noticiosos. Sin embargo, la estructura de cada noticia, reportaje, opinión o entrevista, mantiene un formato muy similar en todos los medios.

El 75% son noticias combinan texto e imagen. Cabe resaltar que la mayoría de ellas solamente tienen una fotografía o dos por nota. Todas están dentro del contexto de la información y no tienen un concepto para que se las pueda denominar foto-noticia.

Las noticias completas, con imagen, audio y video, solamente equivalen al 5% y las notas con texto y solo audio llegan al 2%. Las noticias son básicas en cuanto a dar opción al usuario digital para informarse. Las imágenes son importantes pero en este caso no generan innovación, además se sobrentiende que el periodista solamente tiene tiempo para redactar y no para editar audio y video. Esto ocurre tanto en diarios públicos como en privados.

V. CONCLUSIONES

La comunicación en temas de salud necesita un tratamiento especial por parte del comunicador; entendiéndose que es una temática de interés público la gestión de la información debe enfocarse en ser de carácter divulgativo. Para ello resulta importante que los medios de comunicación utilicen las estrategias Multimedia y Transmedia que provee Internet, al momento de presentar una noticia, ya que en muchos de los casos, las plataformas digitales se siguen estructurando como un diario tradicional en donde solo muestra texto.

Las fotografías en las noticias de las páginas web también son pocas, alcanzan un promedio de máximo dos. Además no crean productos audiovisuales que complementen la información, el concepto de las fotografías es de acompañamiento no se las selecciona como pieza informativa.

A su vez el 55,6% manejan términos científicos, pero 75,1% de estos términos no son explicados ni simplificados con sinónimos que el lector pueda entender, enfatizamos en esto porque los medios de comunicación en esencia son de carácter divulgativo y no científico. Un 24,9% sí explica la información que presenta, pero utilizan términos complejos, lo que evidencia falta de investigación o preparación para abordar

estas temáticas, se presentan explicaciones cortas y básicas que en ocasiones no bastan para entender una temática.

Esta investigación da campo para otras investigaciones dando prioridad en el tratamiento de información basado en la especialización del periodista en salud y comunicación, estructura en noticias digitales, importancia del contenido de la comunicación en medios digitales y la calidad de piezas digitales en los medios de comunicación convergentes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Nacional de Loja (UNL) por la ayuda prestada en la realización de la investigación. Asimismo, agradecemos a los revisores del manuscrito las aportaciones realizadas en la elaboración del texto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] C. Maraño, "El periodismo digital y sus retos en la sociedad global y del conocimiento digital", en *Aposta*, 61, pp. 4-30, Abril – Junio 2014.
- [2] M.I. Punin, A. Martínez & R. Nathaly, "Medios Digitales en Ecuador: perspectivas de futuro", *Comunicar*, 42, pp. 199-207, 2014.
- [3] J. Hernáiz, "La conciencia mediática". *Vivat Academi*, 105, pp. 153-222, 2009.
- [4] M. Castells, "Flujos, redes e identidades: una teoría crítica de la sociedad informacional". In *Nuevas perspectivas críticas en educación*, Paidós Ibérica, pp. 13-54, 1994.
- [5] N.R. Villamil, A.V. González & P.D. Mosquera, "Promoción de la salud y sistema de salud colombiano: Reflexiones sobre la formación de profesionales". *Revista Hacia la Promoción de la Salud*, 18(1), pp. 26-40, 2013.
- [6] C. Acevedo & O. Feo Istúriz, "Impact of mass media in public health", *Saúde em Debate*, 37(96), pp. 84-95, 2013.
- [7] G. Reid, "Building an accreditation scheme for health and social care information". *Health info internet*, 2008, (61), pp. 3-5.
- [8] P. González & P. Medina, "Comunicación online en el sector salud. Valor de la infografía". *El profesional de la información*, 18(4), 413-420, 2009.
- [9] R.H. Sampieri, C.F. Collado, P.B. Lucio & M.D. Pérez, *Metodología de la investigación*, McGraw-Hill, 1998.
- [10] M. Galeano, M. *Diseño de proyectos de investigación cualitativa*, Medellín, Fondo Editorial Universidad EAFIT, 2004.
- [11] F. Noguero, "El análisis de contenido como método de investigación". *XXI. Revista de educación*, (4), pp. 167-180, 2002.

Estratégia de apoio à Inspeção de Software em Ambientes de Desenvolvimento Distribuído

Strategy to support the Software Inspection in Distributed Development Environments

Calos E. Ribeiro, Ederson M. Sgarbi, José R. Merlin,
Daniela de Freitas G. Trindade
Centro de Ciências Tecnológicas,
Universidade Estadual do Norte do Paraná
Bandeirantes, Paraná, Brasil
{biluka, sgarbi, merlin, danielaf}@uenp.edu.br

Elisa Hatsue Moriya Huzita
Departamento de Informática
Universidade Estadual de Maringá
Maringá, Paraná, Brasil
emhuzita@din.uem.br

Resumo — O desenvolvimento de software deve atentar ao cronograma de execução, aos custos e ao nível satisfatório de qualidade para o produto de software. Defeito de software constitui-se em um dos fatores que mais influenciam no sucesso de desenvolvimento de um projeto, tanto nos tradicionais, co-localizados, como em projetos de desenvolvimento distribuído de software (DDS). Uma das formas para encontrar os defeitos nas fases iniciais do desenvolvimento é utilizar a inspeção de software, entretanto, tal atividade em um ambiente de DDS torna-se ainda mais complexa devido às características inerentes a distribuição, como distância geográfica, diferença de fuso-horário e diferenças culturais. Este artigo tem como objetivo apresentar uma estratégia de apoio à inspeção de software para ambientes distribuídos, dessa forma minimizar os impactos causados pela distribuição na inspeção. Dentre os vários modelos de negócio existentes quando se considera DDS, foi utilizado como exemplo de aplicação para a estratégia proposta o modelo *offshore insourcing*.

Palavras Chave — *Desenvolvimento Distribuído de Software, Inspeção de Software e Offshore Insourcing*.

Abstract — Software development should be alert to the time set for implementation, the costs involved and the level of quality that is sought for the software product. Software defect is in one of the factors that most influence the successful development of a software project, both in traditional designs, co-located, as in the design of distributed software development (DDS). One way to find defects in the early stages of development is to use the software inspection, however the inspection in a distributed development environment software becomes even more complex due to the inherent characteristics of the DDS, as geographical distance, time difference zones and cultural differences. This article presents a strategy to support the inspection of software distributed software development, thus tries to minimize the impacts of DDS inspection. Among the many existing business models when considering DDS was used as an example of implementing the proposed strategy offshore insourcing model.

Keywords— *Distributed Software Development, Software inspection and Offshore Insourcing*.

I. INTRODUÇÃO

Empresas de desenvolvimento de software estão cada vez mais distribuindo seus esforços em vários locais [17]. Esta configuração de desenvolvimento, mais especificamente a distribuição das equipes, está se tornando prática nas organizações, assim, várias empresas estão investindo no desenvolvimento distribuído de software (DDS), terceirizando ou contratando equipes em outros locais, tanto nacional como internacionalmente. Huzita et al. [6] afirmam que diversas organizações, em busca de vantagem competitiva, decidiram por distribuir seu processo de desenvolvimento de software, caracterizando assim o DDS.

A qualidade dos produtos desenvolvidos é condição necessária e esperada por todos os clientes. Para tanto, deve-se ter uma preocupação com os artefatos gerados durante o ciclo de desenvolvimento do software, uma vez que os defeitos inseridos acidentalmente nesses artefatos, no início do ciclo, podem gerar custos elevados. Desta forma, se tais defeitos forem encontrados apenas no final do ciclo ou quando o software estiver em uso, pode gerar insatisfação do cliente e prejudicar a imagem da empresa perante o mercado.

Conforme Rakitin [16], uma forma de agregar qualidade ao software é incluir, como parte do processo do desenvolvimento, atividades de verificação e validação. Além disso, a inspeção de software é uma atividade que tem por objetivo melhorar a qualidade de artefatos durante o ciclo de vida, inspecionando o mesmo antes que vá para fases seguintes do desenvolvimento. Conforme Fagan [3], a inspeção visa encontrar erros da seguinte forma: (i) leitura do artefato; (ii) entendimento sobre o que o documento descreve; e (iii) verificação das propriedades de qualidade requeridas por meio de checklist.

As características do DDS como distância geográfica, diferenças de fusos-horários e diferenças culturais afetam a comunicação e a coordenação, assim como, os mecanismos de controle tradicionais tendem a ser menos eficazes. A distância geográfica reduz a intensidade da comunicação uma vez que a comunicação face a face fica prejudicada. As diferenças de fusos-horários reduzem a oportunidade da colaboração em tempo real quando não há uma sobreposição adequada, além de aumentar o tempo de resposta. As diferenças culturais devido aos diferentes idiomas, valores e comportamentos de trabalho podem gerar mal entendidos entre os membros dispersos.

Na pesquisa realizada na literatura não se encontraram evidências em trabalhos que levem em consideração o modelo de negócio adotado pela organização para se realizar uma inspeção de software em um ambiente de DDS referente à inspeção. Dessa forma, este artigo apresenta uma estratégia de apoio à inspeção de software no desenvolvimento distribuído de software. Para tal, o aspecto a ser considerado é a localização geográfica, onshore ou offshore, e o relacionamento entre as empresas, outsourcing ou insourcing, a estratégia apresentada neste artigo é para o modelo de negócio offshore insourcing.

Para tanto, artigo está dividido da seguinte forma: a Seção 2 trata dos trabalhos relacionados, inicia-se essa seção abordando os processos de inspeção propostos ao longo dos anos. A Seção 3 apresenta a abordagem proposta e explica suas fases. A Seção 4 trata da estratégia de apoio a inspeção proposta para o desenvolvimento distribuído de software que leva em consideração o modelo de negócio *offshore insourcing*, sendo apresentadas as tabelas referentes às fases da abordagem, assim como os artefatos gerados na fase. A Seção 5 traz as considerações finais.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Inspeção de software é uma maneira de localizar defeitos em artefatos de software em qualquer fase do ciclo de desenvolvimento. O primeiro processo de inspeção de software foi definido por Fagan [3] na década de 70. O processo tradicional é composto das seguintes fases: planejamento, apresentação, preparação, retrabalho e, por fim, a fase de acompanhamento.

Daquela data até hoje foram propostas variações por diferentes autores e instituições. Runge [18] apresenta uma variação para o processo de inspeção tendo como foco projetos pequenos. Parnas e Weis [15] introduzem revisão de projetos ativos, sendo que os revisores têm diferentes enfoques e participam de uma série de revisões especializadas, os questionários são especializados para cada inspeção. Humphrey [8] apresenta uma variante em que muda o foco da atividade de preparação individual, pois, ao invés de entender o artefato a ser inspecionado, o inspetor tenta efetivamente encontrar seus defeitos. Bisante e Lye [1] apresentam a inspeção de apenas duas pessoas. Martin e Tsai [11] apresentam a *N-fold Inspection* que se baseia em várias equipes paralelas realizando a inspeção em um mesmo artefato. Knight e Myers [9] apresentam a inspeção por fases, considerando diferentes aspectos em cada fase da inspeção.

Seguindo a ideia de Humphrey [5], em que reuniões de inspeção podem ser evitadas, reduzindo custo e conflitos de alocação de recursos sem sacrificar a eficiência da inspeção, Johnson [8] propõe o processo FTArm (*Formal Technical Asynchronous review method* – Método de Revisão Técnica Formal Assíncrona). Nesta mesma linha Sauer et al. [19] **Error!** **Reference source not found.** propõem alteração no processo tradicional substituindo as fases de preparação e reunião por outras três fases sequenciais detecção de defeitos, coleção de defeito e discriminação de defeitos.

Kelly e Shepard [10] sugerem em seu processo retirar a fase de reunião, entretanto fica opcional ter um a reunião inicial. Thelin et al. [20] apresentam uma forma de inspeção por amostragem. Mishra e Mishra [12] propõem o processo simplificado de inspeção de software que é uma combinação de vários outros processos. Em 2010 esses mesmos autores apresentam um processo de inspeção intitulado *Global Software Inspection Process*, composto das seguintes fases: instalação, inspeção individual, reunião, retrabalho e por fim a fase de acompanhamento [13].

Há também o Processo de Inspeção do *Institute of Electrical and Electronics Engineers IEEE (STD-1028-1997 Standard for Software Reviews)*, essa norma define cinco tipos de revisão, entre elas está a inspeção de software. Para o processo de inspeção ela conta com as seguintes fases: gestão da preparação, planejamento da inspeção, visão global do processo de inspeção, preparação, verificação (exame), retrabalho e acompanhamento [7]. A *National Aeronautics and Space Administration (NASA)* também tem seu processo de inspeção, *Software Formal Inspection Guidebook*, suas fases são as seguintes: planejamento, visão global, preparação, reunião de inspeção, terceira hora, essa fase é opcional ela proporciona um tempo adicional além da reunião de inspeção, as próximas fases são o retrabalho e por fim, a fase de acompanhamento [14].

Desde que Humphrey [5] afirmou que reuniões poderiam ser evitadas sem diminuir a eficiência da inspeção, os autores tiveram foco na questão das reuniões assíncronas, podendo então ter membros dispersos tanto geográfica quanto temporalmente. A reorganização de Sauer et al. [19] vem ao encontro desse pensamento, assim como Mishra e Mishra [13], sendo que em seu processo há a fase de reunião, pautando os argumentos no fato de que os membros podem participar da reunião de forma on-line.

Percebe-se que de todos os processos apresentados anteriormente, nenhum deles leva em consideração algum modelo de negócio, apesar de alguns deles oferecer a possibilidade de se aplicar em DDS. Logo, há a necessidade de se definir estratégias de apoio à inspeção de software em ambiente de desenvolvimento distribuído de software levando em consideração o modelo de negócio adotado pela organização. Esta motivação originou ao constatar que na literatura corrente os processos existentes, até a presente data, não levam em consideração o modelo de negócio. Neste artigo é proposta uma abordagem em que antes de se iniciar a inspeção em si, deve-se definir o modelo de negócio. A estratégia apresentada neste artigo levará em consideração o modelo de negócio *Offshore Insourcing*.

Calefato et al. [2] relatam os efeitos das interações síncronas e assíncronas em reuniões distribuídas com o objetivo de chegar a acordos mútuos entre os envolvidos. Os resultados mostraram que as reuniões de inspeção síncronas são mais eficientes que as reuniões assíncronas. Sugerem que, no contexto distribuído, quando o horário comercial se sobrepõe é preferível reunião síncrona à reunião assíncrona, uma vez que aquela pode diminuir o tempo total da inspeção.

Yousaf et al. [21] argumentam que inspeções em DDS, tornam-se complexa, uma vez que o compartilhamento de informações relacionadas aos requisitos é feito através de reuniões formais. A comunicação informal é quase inexistente no contexto distribuído. Afirmando os autores que a forma síncrona, comunicação em tempo real, fica prejudicada devido ao fuso horário. Deve atentar-se às sobreposições dos horários de expediente no fuso-horário e aproveitar para reunir os envolvidos na inspeção. Já a forma assíncrona gera problema de atraso, no entanto, é uma forma de trocar os documentos, como ocorre, por exemplo, no uso do e-mail. Afirmando ainda que na comunicação face-a-face tem-se maior probabilidade de se construir confiança entre os envolvidos, as características do DDS, como dispersão geográfica, temporal e diferenças culturais, transformam-se em barreiras para essa construção.

III. ABORDAGEM PROPOSTA

Rakitin [16] afirma que a inspeção é um processo formal, rigoroso, uma revisão em profundidade técnica destinada a identificar os problemas mais perto do seu ponto de origem. A priori sugere-se uma abordagem que tem por base a reorganização proposta por Sauer et al. [19] e o processo de inspeção IEEE 1028-1997 [7]. A abordagem é composta pelas seguintes fases: gestão da preparação, planejamento da inspeção, apresentação, detecção de defeitos, coleção de defeitos, discriminação de defeitos, retrabalho e, por fim, a fase de acompanhamento. São propostos os seguintes papéis: Gestor, Gerente de Projeto Global, Gerente de Projeto Local, Moderador, Inspetor, Autor. A figura 1 ilustra a abordagem proposta para inspeção. Assim que o artefato for concluído pelo autor, dá-se o início da abordagem. Na sequência segue uma explicação para cada fase da abordagem proposta.

Figure 1. Abordagem Proposta para Inspeção

Gestão da preparação: O gestor responsável garantirá que a inspeção será dotada dos recursos necessários como o pessoal, tempo, materiais e ferramentas, e será conduzido de acordo com as políticas, normas. Além disso, será definida nesta fase qual a localização geográfica (ONSHORE, OFFSHORE) e qual o relacionamento entre as empresas (INSOURCING, OUTSOURCING), definindo dessa forma o modelo de negócio utilizado na inspeção. Para este artigo definiu-se o offshore insourcing.

Planejamento da Inspeção: O Moderador da inspeção define o contexto da inspeção (descrição da inspeção, técnica a ser utilizado na detecção de defeitos) seleciona os Inspetores, levando em consideração as sugestões dos Gerentes de Projeto Locais, e distribui o material a ser inspecionado. Os materiais são entregues pelo Autor para o Moderador. O Moderador define um prazo para que sejam finalizadas as listas de discrepâncias, bem como quando será encaminhada a lista de defeitos ao Autor.

Apresentação: O Autor deve apresentar as características do artefato de software a ser inspecionado. Esta fase pode ser omitida, caso os Inspetores já tenham conhecimento sobre o artefato que deve ser inspecionado. Nesta fase o Moderador também deve responder perguntas sobre os checklists, apresentar dados da inspeção, como tempo mínimo para detecção de defeitos e a quantidades de anomalias encontradas no passado em artefatos similares, caso hajam dados.

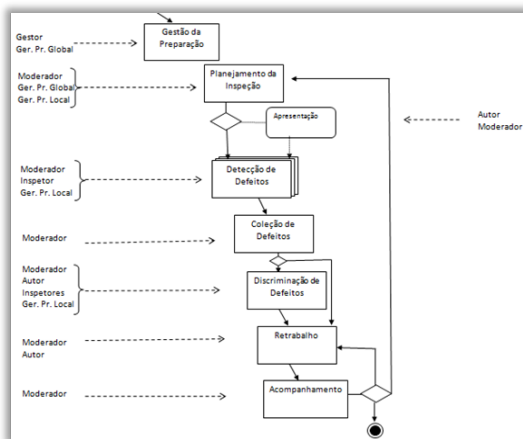
Detecção de defeitos: os Inspetores individualmente analisam o artefato tendo por base o checklist fornecido pelo Moderador, as anomalias identificadas devem ser classificadas e registradas na lista de discrepâncias que será repassada ao Moderador.

Coleção de defeitos: Nesta fase o Moderador deve agrupar as listas de discrepâncias dos Inspetores, podendo selecioná-las ou descartá-las. As repetidas são marcadas e encaminhadas diretamente para a fase de retrabalho, economizando assim tempo da inspeção.

Discriminação de defeitos: nesta fase, o Moderador, o Autor do artefato e os Inspetores discutem as discrepâncias de forma assíncrona. As discrepâncias são tratadas como tópicos de discussões, cada participante pode acrescentar seus comentários sobre cada uma das discrepâncias. Enquanto o Moderador e Autor não decidirem se a discrepância realmente representa um defeito ou um falso positivo os tópicos ficam ativos. Os falsos positivos identificados serão descartados e os defeitos serão registrados em uma lista de defeitos, que então será enviada para o Autor para que proceda a correção. Não é intuito de esta fase encontrar solução para discrepâncias identificadas, isso não é foco de uma inspeção. Se forem identificados poucos falsos positivos ou se os falsos positivos forem de fácil identificação pelo autor não há a necessidade de se executar esta fase.

Retrabalho: o Autor corrige os defeitos que foram identificados na fase de discriminação.

Acompanhamento: o Autor repassa o artefato ao Moderador, que realiza uma análise do artefato e verifica se há



necessidade de voltar à fase de retrabalho ou se deve ocorrer uma re-inspeção. Caso se agende uma re-inspeção para verificar o retrabalho, deve-se analisar as áreas do artefato alterado para resolver as anomalias identificadas na última inspeção, bem como seus efeitos colaterais.

IV. ESTRATÉGIA DE APOIO À INSPEÇÃO DE SOFTWARE EM AMBIENTES DISTRIBUÍDOS

São apresentadas nas tabelas a seguir a estratégia proposta para o modelo de negócio Offshore Insourcing. A última coluna da tabela apresenta a característica norteadora referente à DDS em que a atividade poderá auxiliar na estratégia proposta.

Na fase da Gestão da Preparação as características de DDS podem afetar a comunicação, controle e coordenação, são definidas atividades para minimizar os impactos das características de DDS nessa fase. Já na fase de Planejamento da Inspeção a comunicação e coordenação podem vir a serem afetadas. A coordenação pode ser afetada também nas fases de Apresentação, Detecção de Defeitos, Discriminação de Defeitos e Acompanhamento, logo algumas atividades são definidas para diminuir os efeitos negativos que podem ocorrer na inspeção. As atividades definidas para minimizar os impactos da inspeção em um modelo de Offshore Insourcing são apresentadas nas tabelas seguintes. Os *templates* referentes aos artefatos gerados na inspeção estão sendo elaborados. Na figura 2 estão listados todos os artefatos gerados em cada fase.

TABLE I. FASE- GESTÃO DA PREPARAÇÃO

Papéis	Atividades	Característica Norteadora
Gestor	Fornecer financiamento e instalações necessárias para planejar, definir, executar e gerenciar a inspeção.	
	Assegurar que as inspeções planejadas sejam realizadas	
Gerente de Projeto Global	Definir, em conjunto com o Gerente de Projeto Global, o modelo de negócio <i>OFFSHORE INSOURCING</i> que será adotado na inspeção do artefato.	
	Identificar os Gerentes de Projeto Locais.	
	Assegurar que as inspeções planejadas sejam realizadas.	
	Assegurar que os membros da equipe de inspeção possuem níveis apropriados de experiência e conhecimento suficiente para compreender o artefato de software sob inspeção.	Diferença cultural → Comunicação
	Definir o modelo de negócio <i>OFFSHORE INSOURCING</i> que será adotado na inspeção do artefato.	Diferença cultural → Comunicação
	Aplicar um questionário para verificar o grau de conhecimento referente às línguas conhecidas pelos integrantes.	Diferença cultural → Comunicação
	Definir um idioma padrão de comunicação.	Diferença cultural → Comunicação
	Aplicar o modelo de Hofstede [4] para verificar a dimensão das diferenças culturais. Definir um plano de treinamento da equipe nas diferentes culturas envolvidas.	
	Definir uma infraestrutura para comunicação e colaboração.	
	Permitir e estimular a comunicação informal entre os membros da inspeção.	
Gerente de Projeto Local	Definir quem desempenhará o papel de Moderador na inspeção.	
	Sugerir os membros que participarão da inspeção.	
	Assegurar que os membros da equipe de inspeção possuem níveis apropriados de experiência e conhecimento suficiente para compreender o artefato de software sob inspeção.	Distância geográfica → Controle
	Validar as informações fornecidas pelos membros de sua equipe.	Diferença fuso-horário → Coordenação
	Informar o horário de trabalho da equipe, assim como os feriados locais.	

TABLE II. FASE- PLANEJAMENTO DA INSPEÇÃO

Papéis	Atividades	Característica Norteadora
Moderador	Garantir que artefato esteja pronto para inspeção.	Diferença fuso-horário → Coordenação
	Verificar a sobreposição dos horários referentes aos membros dispersos.	Distância geográfica → Comunicação
	Definir os meios de comunicação entre os membros dispersos na inspeção.	Diferença cultural → Coordenação
	Verificar as indicações dos Gerentes de Projeto Locais em relação aos membros que possam participar da inspeção.	
	Selecionar os membros da equipe.	Distância geográfica → Comunicação
	Selecionar as ferramentas de apoio à inspeção.	
	Treinar os membros da equipe de inspeção para utilizar as ferramentas selecionadas.	
	Sugerir a utilização de mecanismos/ferramentas que possibilitem aos integrantes da inspeção uma comunicação informal.	Diferença cultural → Comunicação
	Comunicar a todos qual é a responsabilidade de cada um referente à inspeção.	Diferença cultural → Coordenação
	Definir a técnica de inspeção a ser adotada pela equipe de inspeção.	
	Preparar a equipe para a inspeção.	
	Disponibilizar os documentos que serviram de fonte de informação para criação do artefato.	
	Decidir se há necessidade de passar pela fase de Apresentação e qual será o período para apresentação.	
	Autor	Disponibilizar o artefato concluído para que seja inspecionado.

TABLE III. FASE - APRESENTAÇÃO

Papéis	Atividades	Característica Norteadora
Autor	Elaborar apresentação do artefato. Essa apresentação será de forma assíncrona para membros que estejam dispersos. Responder aos questionamentos dos membros.	Diferença fuso-horário → Coordenação
Moderador	Acompanhar a apresentação do Autor. Responder questionamentos, se necessário.	
Inspetores	Acompanhar a apresentação do Autor. Elaborar questionamentos, se necessário.	

TABLE IV. FASE - DETECÇÃO DE DEFEITOS

Papéis	Atividades	Característica Norteadora
Inspetores	Realizar atividade de detecção de defeitos.	
	Utilizar a técnica definida pelo Moderador.	
	Levar em consideração os documentos fontes disponibilizados pelo Moderador, para assegurar a	

	conformidade.	
Moderador	Se houver necessidade, solicitar auxílio do Gerente de Projeto Local para que as atividades da inspeção sejam cumpridas conforme definido no planejamento.	Distância geográfica → Coordenação
Gerente de Projeto Local	Se solicitado, auxiliar o Moderador para que todas as atividades da inspeção sejam cumpridas.	Distância geográfica → Coordenação

TABLE V. FASE - COLEÇÃO DE DEFEITOS

Papéis	Atividades	Característica norteadora
Moderador	Agrupar as listas de discrepâncias dos inspetores.	

TABLE VI. FASE- DISCRIMINAÇÃO DE DEFEITOS

Papéis	Atividades	Característica norteadora
Moderador	Discutir as discrepâncias de forma assíncrona em conjunto com o Autor e Inspetores.	Diferença fuso-horário → Coordenação
	Se houver necessidade, solicitar auxílio do Gerente de Projeto Local para que as atividades da inspeção sejam cumpridas conforme definido no planejamento.	Distância geográfica → Coordenação
Autor	Discutir as discrepâncias de forma assíncrona em conjunto com o Moderador e Inspetores.	Diferença fuso-horário → Coordenação
Inspetores	Discutir as discrepâncias de forma assíncrona em conjunto com o Moderador e Autor.	Diferença fuso-horário → Coordenação
Gerente de Projeto Local	Se solicitado, auxiliará o Moderador para que todas as atividades da inspeção sejam cumpridas.	Diferença fuso-horário → Coordenação

TABLE VII. FASE – RETRABALHO

Papéis	Atividades	Característica norteadora
Autor	Procede a correção dos defeitos identificados na lista de defeitos, após a correção de todos os defeitos, enviar o artefato ao Moderador.	

TABLE VIII. FASE – ACOMPANHAMENTO

Papéis	Atividades	Característica norteadora
Moderador	Se todos os defeitos foram corrigidos, faz o relatório de acompanhamento. Se os defeitos não foram corrigidos submete o artefato para fase de Retrabalho.	Distância geográfica → Coordenação
	Se achar necessário, pode incluir inspetores na fase de acompanhamento.	
	Se a correção dos defeitos for de grandes proporções no artefato, o Moderador pode submeter o artefato para uma re-inspeção.	
	Se houver necessidade, solicitará auxílio do Gerente de Projeto Local para que as atividades da inspeção sejam cumpridas conforme definido no planejamento.	
Autor	Participar do acompanhamento caso seja solicitado pelo Moderador.	
Gerente de Projeto Local	Se solicitado, auxiliará o Moderador para que todas as atividades da inspeção sejam cumpridas.	Distância geográfica → Coordenação
Gerente de Projeto Global	Finalizar a inspeção e dar continuidade ao ciclo de desenvolvimento do software.	

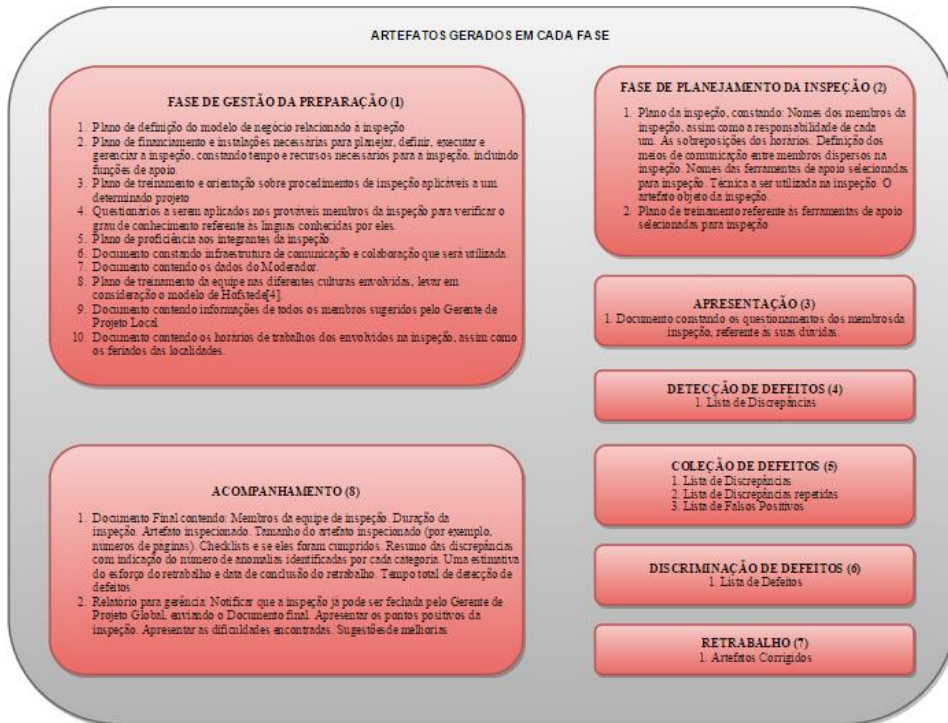


Figure 2. Artefatos Gerados em Cada Fase

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento distribuído de software é uma realidade em todo o mundo. Devem-se buscar formas para auxiliar os envolvidos nas várias atividades existentes na engenharia de software. Este artigo tem por objetivo apresentar uma estratégia de suporte à inspeção em DDS, levando em consideração o modelo de negócio offshore insourcing.

A estratégia auxiliará os envolvidos na inspeção, sendo uma forma de diminuir os impactos das características do DDS na inspeção, assim como contribuirá para Engenharia de Software. A abordagem proposta para inspeção pode ser fonte para produção de novas ferramentas e uma forma de contribuição de melhoria às ferramentas já existentes na academia e no mercado, para que essas ferramentas levem em consideração também os modelos de negócios que operacionalizam o DDS.

O artigo é um resultado preliminar de estudos em inspeção de software em DDS, resultados mais aprofundados e abrangentes devem ser publicados em uma versão futura. Esta deve constar com a avaliação da estratégia proposta, realizada com membros dispersos em vários países, que inspecionarão um artefato, documento de especificação de requisitos de software utilizando-se da abordagem definida e da estratégia proposta neste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] D. B. Bisant, and R. James, A Two-Person Inspection Method to Improve Programming Productivity, IEEE Transactions on Software Engineering 15, 1989, 1294-1304.
- [2] F. Calefato, F. Lanubile and T. Mallardo, A Controlled Experiment on the Effects of Synchronicity in Remote Inspection Meetings, First International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, 2007, 473-475.
- [3] M. E. Fagan. Design and Code Inspections to Reduce Errors in Program Development. IBM System Journal 15, 1976, 182-211.
- [4] G. Hofstede, Cultures and Organizations, Software of the Mind: Intercultural Cooperation and its Importance for Survival, McGraw-Hill, New York: 1996.
- [5] S. Humphrey Watts, Managing the software process, Canada: Addison-Wesley, 1989.
- [6] E. H. M. Huzita, A. Cesar da Silva, I. Wiese, F. C. Tania. Tait, Marcos A. Quinaia and Flávio L. Schiavoni, Um conjunto de soluções para apoiar o desenvolvimento distribuído de software, II Workshop de Desenvolvimento Distribuído de Software, 2008, 101.
- [7] IEEE Standard for Software Reviews and Audits (IEEE STD 1028-1997), IEEE Computer Society, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York, NY 10017-2394, USA1-55937-987-1, 1997.
- [8] P. M. Johnson, An Instrumented Approach to Improving Software Quality Through Formal Technical Review. Proceedings of the 16th International Conference on Software Engineering, 1994, 113-122.
- [9] J. C. Knight, and E. A. Myers, An Improved Inspection Technique. Communications of the ACM, 1993, 51-61.

- [10] J. C. Kelly, S. Joseph Sherif, and J. Hops, An Analysis of Defect Densities Found During Software Inspections, *Journal of Systems and Software* 17, 1992, 150-166.
- [11] J. Martin, and T. Wei Tsai, N-Fold Inspection: A Requirements Analysis Technique. *Communications of the ACM* 33, 1990, 225-232.
- [12] D. Mishra, and A. Mishra, Simplified software inspection process in compliance with international standards. *Computer Standards e Interfaces* 31, 2009, 763-771.
- [13] D. Mishra, and Alok Mishra, Software Inspection Process for Globally Distributed Teams. *OTM*, 2010, 289-296.
- [14] NASA std., Software Formal Inspections Guidebook, National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC 20546, 1993.
- [15] D. L. Parnas, and M. David Weiss, Active Design Reviews: Principles and Practices. *Proceedings of the Eighth International Conference on Software Engineering*, 1985, 132-136.
- [16] R. Rakitin Steven Software verification and validation for practitioners and managers. 2. ed. USA: Editora Artech House, 2001.
- [17] N. Ramasubbu, and K. Rajesh, Balan, Globally distributed software development project performance: an empirical analysis. *Proceedings of the ESEC/ACM SIGSOFT FSE*, 2007, 25-134.
- [18] B. A. Runge, The Inspection Method Applied to Small Projects, *Proceedings of the Sixth International Conference on Software Engineering*, 1982, 416-417.
- [19] C. Sauer, D. Ross Jeffery, L. Land and P. Yetton, The Effectiveness of Software Development Technical Review: A Behaviorally Motivated Program of Research. *IEEE Transactions on Software Engineering* 26, 2000, 1-14.
- [20] T. Thelin, P. Runeson and C. Wohlin, An Experimental Comparison of Usage-Based and Checklist-Based Reading, *IEEE Transactions on Software Engineering* 29, 2003, 687-704.
- [21] F. Yousaf, Za. Zaman and N. Ikram, Requirements Validation Techniques in GSD: A Survey. *Multitopic Conference. IEEE International*, 2008, 553-557.

Produção de RED num Estúdio de TV Digital

Formação Contínua de Professores

Digital Educational Resources Production in a Digital Tv Studio

Training course *for teachers*

Ana Trigacheiro Pires

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa

Lisboa – Portugal

anapires.550@ag4evora.edu.pt

Guilhermina Lobato Miranda

Instituto de Educação da Universidade de Lisboa

Lisboa – Portugal

gmiranda@ie.ulisboa.pt

Resumo — A pesquisa que descrevemos neste artigo é um dos estudos elaborados no âmbito do doutoramento em educação da primeira autora, que teve como principal objetivo analisar a conceção e o desenvolvimento de recursos educativos digitais (RED) no Estúdio de Televisão Digital (ETD) de uma escola do ensino secundário. Do ponto de vista metodológico, optámos por um *design* de investigação inspirado na metodologia de desenvolvimento ou DBR (*Design Based Research*). Neste artigo descrevemos a conceção e os resultados de uma ação de formação contínua de professores, acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua, e integrada no âmbito das Tecnologias da Informação Esta ação procurou promover as práticas dos professores na conceção e desenvolvimento de RED usando os recursos do ETD da escola. Analisámos os vídeos produzidos durante a ação de formação, realizámos entrevistas individuais aos professores participantes e aplicámos um questionário com o objetivo de avaliar o efeito da formação sobre as práticas educativas. Como principais resultados salientamos que os professores disseram estar disponíveis para receber formação específica, de carácter maioritariamente prático, para poderem utilizar o ETD e produzir vídeos educativos. Ficaram satisfeitos com a formação recebida, mas gostavam de ter mais horas de formação, o que nem sempre é conciliável com a sua carga letiva. Acharam que é bom partilhar a produção de vídeos com os alunos, e que estas tecnologias são eficazes na melhoria das aprendizagens.

Palavras Chave – formação contínua de professores; recursos educativos digitais; estúdio de televisão digital; práticas educativas.

Abstract — The research described in this article is one of the studies produced under the PhD in education from the first author, who aimed to analyze the design and development of Digital Educational Resources (DER) in a Digital Television Studio (DTS) from a High School. We used a research design inspired by the development methodology or DBR (*Design Based Research*). In this paper we describe the design and results of teacher training in-service course, accredited by the Scientific and Pedagogical Council of Continuous Training, in the context of Information Technology. This action sought to promote the practices of teachers in the design and development of DER using

the resources of the DTS. We analyzed the videos produced by the teachers during the training course, we conducted individual interviews with participating teachers and we applied a questionnaire in order to assess teachers' opinions and satisfaction about the training and the application of skills learned to educational practice. The main results point out that teachers said they were available to receive more specific training, mainly practical, in order to use the DTS and produce educational videos. They were satisfied with the training received, but they liked to have more hours of training, which is not always compatible with their academic load. They thought it is good to share the video production with the students, and that these technologies are effective in improving learning.

Keywords - teacher training; digital educational resources; didigital television studio; educational practices.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a globalização da informação e da comunicação faz parte do quotidiano da comunidade educativa. Discutem-se com alguma frequência as vantagens dos *media* em termos pedagógicos e da TV enquanto espaço de produção de recursos educativos digitais (RED) [8;9;16]. A principal característica da televisão, enquanto meio de comunicação, é o tipo de difusão de conteúdo variado, onde os produtos audiovisuais são criados para atender a um público-alvo diversificado. Este recurso didático permite à escola entrar em sintonia com as grandes possibilidades pedagógicas oferecidas pela Educação a Distância e desenvolver, produzir e disseminar conteúdos, programas e ferramentas para a educação. Os vídeos educativos são um exemplo que ilustram, aprofundam e/ou repercutem os conteúdos lecionados nas diversas disciplinas. O grande desafio atual e futuro é o de identificar e desenvolver novos conteúdos digitais interativos com a intenção de trazer melhores oportunidades de aprendizagem.

Falar da utilização da TV e do vídeo como RED na educação remete-nos para a inexistência de uma cultura de consumo destes recursos, por parte dos professores [1]. No

entanto, o uso do Estúdio de Televisão Digital (ETD) possibilita a produção de conteúdos e a realização de atividades diversas.

A produção de RED num ETD é ainda pouco explorada como recurso pedagógico, principalmente em função dos incentivos para sua implementação ainda não serem regulares.

De acordo com alguns autores a imagem sempre fez parte do contexto escolar e a cultura audiovisual está atualmente mais enraizada no modo de vida dos jovens e proporciona-lhes informações, valores, saberes e outros modos de aprendizagem [2;4;17]. Os alunos no ETD podem realizar um vasto conjunto de atividades como: entrevistas, debates, noticiários, narrativas e produzir conteúdos destinados ao ensino. Ou seja, oferece uma infinidade de atividades voltadas para a apropriação de conhecimentos linguísticos, científicos e tecnológicos.

Caso o professor adote o pressuposto de que a imagem (associada à palavra dita) é necessária para que os alunos façam a aquisição dos conteúdos de forma mais profunda, o meio audiovisual pode ser, sem dúvida, o mais eficaz para a aquisição de conhecimentos [3]. Esta asserção é complementada com a afirmação de Ferrés [4], ao referir que a cada tecnologia corresponde uma forma de expressão, e só a partir deste conhecimento e do aproveitamento da especificidade técnica do vídeo e da imagem se pode pensar numa adequação da sua utilização didática.

É fundamental promover uma educação audiovisual aliada a uma alfabetização audiovisual generalizada, de modo a instruir os professores e alunos como agentes de mudança. Para tal a escola tem que repensar a sua missão e implementar modelos organizacionais que valorizem o papel dos diferentes atores envolvidos no processo educativo.

A implementação de um ETD deve ser encarada numa perspetiva transdisciplinar que não significa reduzir a importância do professor na relação ensino-aprendizagem. Os alunos e professores podem construir conteúdos num ambiente de aprendizagem plural, multicultural e multimédia.

Este estudo visou precisamente contribuir para, através de uma ação de formação contínua de professores, dar mais visibilidade ao ETD de um agrupamento de escolas e capacitar os professores para a produção de vídeos educativos, aprendendo a usar de forma eficaz os recursos aí existentes.

II. ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL

A. A Formação de professores

A maioria dos recursos educativos tradicionais está a ficar em desuso na medida em que existem cada vez mais recursos educativos digitais disponíveis na Internet [5]. Contudo, estes exigem formação contínua específica para a sua utilização, pois não basta equipar as escolas, também se tem que incentivar os professores para fazerem parte da sociedade da informação, do conhecimento e da aprendizagem [6].

A utilização de RED na promoção da aprendizagem dos alunos depende da vontade de cada docente e da formação que tem para os criar e usar como ferramentas de trabalho no seu dia-a-dia.

O desenvolvimento de competências TIC só é potenciado se a formação tecnológica for parte integrante da componente pedagógica da formação e se os alunos forem envolvidos em ambientes de aprendizagem que incitam e/ou auxiliam no desenho e desenvolvimento de conteúdos educativos digitais [7].

O professor de hoje deve ser um profissional ativo e crítico, pronto para aprender ao longo da vida e para atender às exigências da sociedade da informação [6]. O facto é que, apesar dos professores manifestarem interesse em aprender mais sobre RED, continuam a mencionar que não o fazem porque lhes falta formação e que existe fraca divulgação da criação de novos repositórios/objetos de aprendizagem e dos que existem a maioria das vezes o acesso é feito a recursos sem qualidade [8].

A integração dos RED no ensino pode ser facilitada se a formação inicial e contínua for adaptada à realidade e integrar módulos de formação neste domínio. Se os professores não têm formação para criar, selecionar e usar os RED, também não têm confiança, o que dificulta a integração dos RED no ensino. Não nos parece possível que um professor construa recursos digitais criativos se trabalhar isoladamente.

A criação de recursos digitais é um processo que envolve o aconselhamento ao nível técnico e pedagógico e também a disponibilidade de ferramentas [9], que um Estúdio de Televisão Digital pode fornecer.

Esta breve exposição mostra que é necessário incluir na formação dos professores ações que os apoiem a selecionar e se possível produzir RED de qualidade e a integrá-los nos seus planos de aula. Mas para que isto aconteça é necessário que o formador incentive uma prática reflexiva.

Por isso, o papel do formador de professores é fundamental em todo este processo, pois é ele quem, como qualquer educador, traz para a sua prática crenças, experiências pessoais e modelos incorporados ao longo de sua própria formação e do seu percurso profissional. O formador deve incentivar os professores a refletirem sobre as suas próprias experiências educativas em contexto de sala de aula com base nos seus interesses, tendo em vista promover a aprendizagem reflexiva apoiada pelos pares [10].

No presente artigo, como já antes referimos, fazemos uma abordagem à formação contínua de professores, à produção de RED na integração curricular como atividade do ETD e à metodologia utilizada para chegar aos resultados alcançados.

B. A Produção de RED na integração curricular, como atividade do ETD

Um ETD permite uma aproximação dos conteúdos audiovisuais produzidos aos temas pedagógicos. Contudo, os professores ainda não têm uma cultura de utilização do ETD e do vídeo educativo digital como recursos na educação [1]. Estes RED são ainda pouco explorados como recurso pedagógico. São diversas as vantagens da utilização de um ETD na escola no que concerne à produção de conteúdos educativos.

Um exemplo a destacar é o projeto EDUCAMedia¹, que é um canal dedicado à educação, no qual se pretende envolver a comunidade educativa na produção de programas e conteúdos pedagógicos informativos (noticiários, entrevistas, reportagens) de entretenimento (vídeo-clips, curta-metragens e animações) e de publicidade (*spots*). Este programa assenta na vertente "Educação para os media" e apresenta-se como veículo de promoção da inclusão social e exercício da cidadania, de forma a melhorar a qualidade do ensino nas escolas e a introduzir novos métodos pedagógicos na sala de aula. Um outro exemplo a destacar é o projeto de WebTv² que surgiu integrado nas múltiplas ações da Ciência Viva. Este é um repositório de vídeos científicos e um agregador de blogs com o objetivo de partilhar e experimentar a ciência em todos os tipos de suporte, desde a escrita tradicional à fotografia, ao vídeo, infografia e à sonoplastia.

Pensamos que a realização de *vodcasts* pelos alunos e professores pode fortalecer a relação professor-aluno, estimular a motivação para aprender e influenciar as atitudes dos alunos, nomeadamente, ao nível da autonomia, da colaboração e da partilha [11]. E foi isso que tentamos desenvolver durante a ação de formação com os professores.

III. METODOLOGIA

Na investigação mais ampla, em que o estudo que analisamos neste artigo está integrado, optámos por uma abordagem metodológica designada de *Design Based Research* (DBR), como meio para dar resposta à problemática e aos objetivos da investigação, tendo por base a articulação entre a teoria e a prática, em situações de educação formal e informal. Esta é uma metodologia flexível, que interliga a pesquisa educativa empírica com a teoria da conceção de ambientes de aprendizagem, e que ajudará a compreender como, quando e porquê funcionam na prática as inovações educativas [12].

Como já referimos, o que relatamos neste artigo faz parte de um trabalho de doutoramento em Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação, da Universidade de Lisboa, cujo título é "O Papel de um Estúdio de Televisão Digital na Conceção, Organização e Difusão de RED numa Escola do Ensino Secundário" e corresponde ao desenvolvimento e avaliação de uma ação de formação contínua de professores. Assim sendo, na 3.ª fase efetuámos uma recolha de dados qualitativa para que pudéssemos responder à seguinte questão: Que impacto teve a formação em "Conceção e desenvolvimento de Vídeos Educativos Digitais" nas opiniões e grau de satisfação dos professores, no que respeita à utilização do ETD e à produção de RED de qualidade?

A investigação foi desenvolvida no contexto do projeto "TVONescola"³, Direção Geral dos Estabelecimentos

¹ URL: <http://educamedia.educatic.info/>

² URL: <https://webtelevisao.wordpress.com/>

³ URL: <http://tvescola.mec.gov.br/tve/home>

Escolares, numa escola de um agrupamento de escolas do Alentejo Central. A escola mostrou ter uma grande atividade do ponto de vista extracurricular, onde se integra um Clube de Televisão Digital. Com o objetivo de acompanhar esta tendência e capitalizar os recursos existentes no ETD desta escola, tornando-a um centro produtor de RED de qualidade, desenvolvemos uma ação de formação, em "Conceção e Desenvolvimento de Vídeos Educativos Digitais" nas modalidades de Curso An2-A, de 25 horas, certificada pelo Conselho Científico Pedagógico da Formação Contínua (CCPFC), com o intuito de apoiar os professores no desenvolvimento desses RED.

Ao longo da formação foram abordados os princípios da aprendizagem multimédia, o conceito de *vodcast* e o seu uso em contexto educativo e dados exemplos de experiências de utilização do vídeo educativo digital nas diferentes áreas de conteúdo e áreas curriculares. Foram também apresentados os equipamentos disponíveis no ETD da escola e exploradas algumas ferramentas e vídeos educativos, suscetíveis de serem usados com os alunos.

Nesta fase de investigação participaram 16 professores. A maioria tinha mais de 11 anos de serviço (63%) e pertencia ao quadro de escola (88%). Os professores estavam distribuídos por 9 grupos de recrutamento disciplinar, sendo 50% pertencentes ao departamento das línguas. Metade destes professores já tinha experiência na utilização do ETD da escola.

Para analisar as opiniões dos professores em relação ao processo formativo seguimos as orientações de Lagarto [13], que se dividem em quatro níveis de análise: (i) satisfação (em relação ao processo formativo); (ii) aprendizagens (objetivos foram atingidos); (iii) competências (aplicam as novas competências no seu local de trabalho); (iii) Resultados (melhoria nos seus procedimentos).

No final da formação foi aplicado um questionário aos professores, composto por 17 itens (15 de resposta fechada e 2 aberta), para conhecer as suas opiniões e grau de satisfação com o processo formativo. Utilizámos uma escala de Likert de 5 pontos, em que o valor 1 indica o extremo mais negativo da escala (menor satisfação) e o valor 5 equivale ao valor mais positivo (maior satisfação). Deste questionário faziam parte duas questões abertas: uma sobre a tipologia do formando e outra destinada a comentários e sugestões. Ver estrutura do questionário na Tabela I.

O questionário de satisfação foi respondido por 15 formandos e apresentou uma excelente consistência interna (Alfa de Cronbach = 0.94).

TABELA I. ESTRUTURA DO QUESTIONÁRIO AOS PROFESSORES

Dimensões	ITEM-Variável
Organização da Ação	I2 - Eficácia da divulgação
	I3 - Objetivos alcançados
	I4 - Calendarização
	I5 - Domínio dos conteúdos
	I11 - Qualidade e conteúdo da documentação
Desempenho do Formador	I6 - Capacidade para motivar
	I7 - Clareza nas intervenções
	I8 - Capacidade de comunicação

Dimensões	ITEM-Variável
	I9 - Dinamismo I10-Capacidade de transmissão de conhecimentos
Material Pedagógico /Metodologias	I12 -Adequação das metodologias de exposição I13 - Adequação dos recursos didáticos utilizados I14 - Aquisição de novos conhecimentos
Apreciação Global	I15 - Satisfação das expetativas iniciais I16 - Utilidade prática dos conteúdos

Após a aplicação do questionário, foram ainda realizadas entrevistas individuais a oito professores [14], para que se pudesse complementar com os resultados obtidos com o questionário. O guião da entrevista aos professores esteve orientado para dois objetivos específicos: (i) Conhecer as percepções dos professores sobre a formação que frequentaram; (ii) Recolher elementos sobre como o professor se relaciona com a mudança das suas práticas educativas. Para cada objetivo delinear-se algumas questões orientadoras (ver Tabela II).

Temáticas	Questões orientadoras
Opiniões acerca do processo de formação e dos contextos formativos	- Porquê é que escolheu fazer formação nesta área? - Quais os resultados que pensa que esta formação teve na aquisição de competências profissionais? E repercussões que pensa que poderá ter esta formação na sua prática educativa? - Quais os aspetos mais positivos e menos positivos desta formação? - Como perspectiva a sua formação futura nesta área? Teria interesse e disponibilidade? Em que áreas? - O que acha que poderia ser melhorado e ou modificado neste tipo de formação?
Opiniões do professor sobre a mudança	- Sente que após esta formação terá mais predisposição para utilizar os recursos existentes no ETD e para a construção de materiais didáticos no ETD? - Esta formação permitiu-lhe a reflexão/troca de experiências com outros professores?

TABELA II. ESTRUTURA DO GUIÃO DA ENTREVISTA AOS PROFESSORES

Recolhemos também dados relativos aos entrevistados (Género/Idade/ Formação Académica/ Situação Profissional / Grupo Disciplinar), ao local e a data da entrevista, e informámos os entrevistados do propósito da entrevista (tema, objetivos) e garantimos o anonimato e a confidencialidade.

O tempo de duração das entrevistas variou entre 10 e 20 minutos.

Para analisar o conteúdo seguimos as orientações de Bardin [14]. A análise de conteúdo foi um processo aberto que passou pelas seguintes etapas: (i) parcelamento do texto em unidades de registo e (ii) elaboração das grelhas analíticas de categorização com o objetivo de segmentar e compreender o conteúdo das transcrições, atribuindo-lhe categorias de forma a reduzir a complexidade do discurso e desfazer eventuais ambiguidades, e assim ter uma compreensão maior dos resultados.

IV. RESULTADOS

A monitorização do processo formativo permitiu-nos recolher bastante informação que, após tratamento e análise, nos deu uma indicação do nível de satisfação e das percepções dos formandos.

A estatística descritiva permitiu concluir que nenhum dos itens foi pontuado negativamente (valores 1 e 2). Entre os itens do questionário, o item 4: «Distribuição da carga horária/calendarização da ação» foi o que obteve uma pontuação mais baixa, que mesmo assim se cifrou numa média de 3.93. Este foi, aliás, um dos assuntos que os formandos realçaram nos comentários deixados em resposta à questão aberta Q2 - «Comentários sobre a ação e sugestões para futuras ações».

Apresentamos a estatística descritiva dos *itens* do questionário na Tabela III.

TABELA III. ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS ITENS DO QUESTIONÁRIO

Item	X	S	Min.	Máx.
i2. Eficácia da divulgação da ação.	4.33	0.724	3	5
i3. Objetivos da ação obtidos.	4.20	0.862	3	5
i4. Distribuição da carga horária/calendarização da ação.	3.93	0.704	3	5
i5. Domínio dos conteúdos abordados	4.73	0.458	4	5
i6. Capacidade de motivação dos formandos	4.53	0.516	4	5
i7. Clareza nas intervenções.	4.60	0.507	4	5
i8. Capacidade de comunicação.	4.60	0.507	4	5
i9. Dinâmica das sessões.	4.47	0.516	4	5
i10. Capacidade de transmissão de conhecimentos.	4.60	0.632	3	5
i11. Qualidade e conteúdo da documentação fornecida.	4.60	0.507	4	5
i12. Adequação da(s) metodologia(s) de exposição.	4.47	0.640	3	5
i13. Adequação dos recursos didáticos utilizados.	4.47	0.640	3	5
i14. Aquisição de novos conhecimentos.	4.27	0.594	3	5
i15. Satisfação das expetativas iniciais.	4.33	0.617	3	5
i16. Utilidade prática dos conteúdos.	4.33	0.488	4	5

Os valores médios oscilaram entre um mínimo de 3.93 (item 4) e o máximo de 4.73 (item 5), sendo que o valor mínimo

registado foi de 3 (em 8 dos itens), e o valor máximo foi 5 (em todos os itens).

Da análise dos dados recolhidos em função das quatro dimensões apresentadas na Tabela I, podemos considerar que a divulgação da ação foi eficaz para a maioria (86.7%) dos professores, o que resultou numa pontuação média de 4.33. Relativamente ao grau de consecução dos objetivos previamente definidos a média do conjunto de formandos foi de 4.20, o que revela uma opinião bastante positiva dos respondentes; 46.7% (n=7) consideraram-nos totalmente alcançados. Com uma média de 3.93, o item 4 foi o único a receber uma pontuação inferior a 4 pontos, o que sugere que, embora a maioria dos professores (73.3%) esteja contente com a distribuição da carga horária, a mesma pode ser melhorada.

O item 5 recebeu a melhor pontuação média (4.73) do conjunto de itens do questionário, com 11 dos 15 professores (73.3%) a considerarem que a formadora tinha um excelente domínio dos conteúdos que abordou, e os restantes 26.7% a avaliarem o mesmo item com 4 pontos em 5 possíveis.

Os dados indicam também que a formadora teve muita capacidade para motivar os formandos (item 6): as respostas dividiram-se em duas pontuações, 4 (46.7%) e 5 (53.3%), o que significou uma pontuação média de 4.53. Os itens 7 e 8, com uma média de 4.60, apresentaram a mesma distribuição, com 6 respostas para a classe 4 e 9 respostas para a classe 5, respetivamente 40% e 60%, o que sugere que a formadora teve capacidade de comunicação e foi clara nas suas intervenções.

A dinâmica das sessões parece ter sido bem assegurada, com uma média de 4.47. Em relação à capacidade de transmissão de conhecimentos, um professor (6.7%) atribuiu a pontuação 3 (valor neutro), e quatro professores (26.7%) atribuíram a pontuação 4, mas a maioria (66.7%) concedeu pontuação máxima, resultando assim uma pontuação média de 4.60.

O item 11 teve uma pontuação média de 4.60, e os itens 12 e 13 tiveram pontuação média de 4.47, pelo que se pode afirmar que os professores consideraram que a documentação fornecida era de qualidade, e que as metodologias de exposição e recursos didáticos foram adequados.

As pontuações dos itens do domínio apreciação global parecem indicar que os formandos ficaram globalmente satisfeitos com a formação, tendo 14 (93.3%) indicado ter adquirido novos conhecimentos e visto as suas expectativas iniciais satisfeitas. Os itens 15 e 16 apresentaram um valor médio de 4.33 e o item 14 um valor médio de 4.27.

Podemos concluir que o desempenho do formador foi bom, destacando-se o domínio dos conteúdos abordados ($X=4.73$) e a capacidade de comunicação e clareza nas intervenções ($X=4.60$). Os professores afirmaram ainda que a disponibilidade da formadora foi uma das mais-valias da formação. O formador deve assumir o papel de líder que conscientemente ensina o que sabe [10].

A última questão do questionário: «Q2 - Comentários sobre a ação e sugestões para futuras ações» era de resposta aberta, e foi preenchida por apenas quatro docentes. Na opinião destes professores a ação devia ter tido o formato de oficina, dada a componente prática que estes conteúdos requerem.

Após termos analisado os questionários que tinham sido aplicados imediatamente após a formação, realizámos entrevistas individuais a oito professores.

De forma a facilitar a interpretação da informação tratada, construímos uma Tabela com as duas dimensões de análise, categorias e subcategorias correspondentes às principais ideias retiradas das respostas às questões colocadas. Na dimensão A, são apresentadas as opiniões dos professores em relação ao processo de formação e contexto formativo e na Dimensão B, as opiniões dos professores sobre a mudança nas práticas educativas, tal como apresentamos na Tabela IV.

TABELA IV. GRELHA DE ANALÍTICA - ENTREVISTAS

Dimensões	Categorias/Subcategorias
A	<i>Opção/área</i> Necessidade, Importante, Interessante Aquisição de conhecimentos Motivante, Cativante
	<i>Resultados</i> Aquisição de competências Motivação, Participação Novas tecnologias, Novas competências Repercussões na prática educativa
	<i>Classificação</i> Aspectos positivos - Papel da formadora, Softwares, Equipamentos, Aplicabilidade, Aquisição conhecimentos Aspectos menos positivos – Recursos, Duração
	<i>Perspetivas futuras</i> Interesse, Disponibilidade, Área, EDIUS, Photoshop
	<i>Reorganização</i> Melhorar/ Modificar, Duração, Tipo (Oficina)
B	<i>Predisposição</i> Utilização do ETD – Motivação, Horas de trabalho, Tutor Construção de materiais didáticos – Colaboração, Potencialidades, Interessantes
	<i>Reflexão</i> Partilha, Troca de Experiências

De uma forma sintetizada, a formação deveria ter mais horas, e essas horas deveriam contemplar ainda mais a componente prática, se possível no formato «Oficina de formação», isto é, com um número reduzido de participantes, de forma a possibilitar um acompanhamento mais individualizado no apoio à vertente prática. Reconhecemos que os programas de formação na área do vídeo têm que ser mais centrados no professor e nas suas expectativas e dificuldades [15].

No que respeita ao fator tempo, a criação de um vídeo digital com fins educativos consome quantidades consideráveis de tempo, daí os professores preferirem uma oficina [2]. A modalidade de oficina, segundo o Regulamento para a Acreditação e Creditação de Ações de Formação (RJFCP), é uma modalidade de formação contínua realizada segundo componentes do saber-fazer prático ou processual, em que a identificação prévia e objetiva das necessidades de formação desempenha um papel relevante. Cada um dos participantes relata as suas práticas efetivas, partilha-as com os colegas,

interroga, e é a partir desse trabalho que se equacionam novos meios — processuais e técnicos — de as pôr no terreno (artigo 6º do RJFCP). Para isso, é da maior importância a existência de "sessões presenciais conjuntas, de natureza reflexiva e prática".

Convém realçar que nas entrevistas, nas respostas à questão «Quais os aspetos mais positivos e menos positivos desta formação?» os formandos salientaram que a formação poderia ter tido um pouco mais de duração. É imprescindível que se tenha tempo para realizar a formação específica que leve ao desenvolvimento das competências dos professores [16].

As expectativas iniciais foram satisfeitas. Todos os formandos consideraram que adquiriram novos conhecimentos, e que os conteúdos tinham utilidade prática, quer no presente, quer no futuro, como referiu um dos professores entrevistados. Ou seja, foram apresentadas formas diversificadas de integrar pedagogicamente as TIC no currículo. Globalmente, a ação de formação recebeu uma apreciação bastante positiva. Os formandos reconheceram que contribuiu para a aquisição de competências profissionais, competências essas que alguns não possuíam, e que lhes foi oferecida uma maior variedade de novas tecnologias.

Confrontando os valores obtidos com as afirmações retiradas das entrevistas somos levados a concluir que os formandos se ficaram a sentir mais capacitados para conceber *vodcasts* e utilizarem-nos nas aulas. A formação específica é essencial para que possam ser atualizados os conhecimentos, e para que sejam gerados novos processos e metodologias no âmbito educativo [17]. Ficou claro que, associado ao interesse pessoal, estava o facto de os professores sentirem que as TIC são cativantes para os alunos, podendo assim ser um fator de motivação extra nas aulas, ampliando o leque de estratégias pedagógicas disponíveis.

Para classificar a repercussão que a formação teve na sua prática educativa, embora alguns professores tenham concordado que no futuro estarão melhor orientados para explorar novas situações, e que podem, continuando a praticar, utilizar *vodcasts* realizados por si-próprios, por outros colegas ou em parceria com os alunos, os formandos salientaram como extremamente positivo a aquisição de novas competências, que ajudarão a manter os alunos mais motivados e levarão a melhorias na aprendizagem.

Como aspeto positivo os professores destacaram a aplicabilidade pedagógica dos materiais que foram e podem ser elaborados no ETD. O grupo de professores, que já utilizava o ETD antes da ação de formação, deu também importância às instalações do estúdio. Um aspeto menos positivo foi a pouca flexibilidade na calendarização da ação. Os professores utilizadores preferiam que a formação tivesse um formato de oficina, com mais horas práticas e trabalho autónomo, e os não utilizadores sugeriram ainda mais horas teóricas e formação alargada também aos alunos.

V. CONCLUSÕES

Concluimos com este estudo que a formação teve impacto positivo na perceção e no grau de satisfação dos professores no que respeita à utilização do ETD para a produção de RED, e que o grupo de professores que participou na formação ficou

motivado para fazer mais formação nesta área específica do conhecimento, se possível no formato «Oficina de formação».

A utilização do ETD foi indutora da produção de *vodcasts* pelos professores participantes, recursos que estes disseram ir utilizar na prática educativa.

É importante aplicar práticas pedagógicas inovadoras, construir e explorar novos RED que sejam potenciadores de aprendizagens de qualidade e do sucesso escolar. Existem ainda alguns inconvenientes na utilização deste tipo de recursos (RED) em contexto educativo, que tornam a sua integração mais complexa, como é o caso da falta de tempo, falta de confiança e/ou falta de conhecimento nesta temática. Este é um processo gradual de aperfeiçoamento. A falta de competências técnicas específicas é um fator que inibe os professores, uma vez que têm receio de danificar os equipamentos. Assim, seria favorável a existência de equipamentos mais económicos para que as pessoas possam aprender a utilizar a tecnologia sem receio de colocar em risco equipamentos de valor muito elevado bem como a dinamização e divulgação de atividades com os alunos e o desenvolvimento de ações de formação com caráter de "Oficina", em que o grupo de professores tem níveis de conhecimentos semelhantes.

Tendo em conta os resultados obtidos neste estudo e na investigação considerado no seu conjunto, apresentamos quatro propostas de dinamização para o ETD, como linhas futuras de trabalho, às escolas que já estão inseridas ou que pretendam integrar este Projeto de Rádio e TV, que são: A Rádio (Programa de Rádio Escolar), A Web TV (Programa de Web TV Escolar), Um Método baseado no *Flipped Classroom* (conceber e produzir conteúdos multimédia no ETD e estudar em casa), Oficinas de Formação em pré-produção, produção e pós produção de *vodcasts*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. Carvalho, "Cinema e Tecnologia Pós-Produção e a Transformação da Imagem. Lisboa: Edições Universitárias Lusófonas, 2003.
- [2] N. Ribeiro, *Multimédia e Tecnologias Interativas*. Lisboa: FCA, 2012.
- [3] R. Mayer, "Teoria cognitiva da aprendizagem multimédia, In Miranda, g. L. (org.) *Ensino Online e Aprendizagem Multimédia*, Lisboa, relógio d'água editores, 2009, pp. 207-237.
- [4] J. Ferrés, "Vídeo y educación". Barcelona: Paidós, 1992.
- [5] G. S. Calverley, "Assisting the uptake of on-line resources: why good learning resources are not enough". In *Computers & Education*, vol.41, 2003, pp.205-224.
- [6] S. Lisboa; J. Bontentuit, B. João & C. Coutinho, "Conceitos emergentes no contexto da sociedade da informação: um contributo teórico". In *Paidé@*, UNIMES VIRTUAL, vol.2 (3), 2010, (s/p.). Retirado de <http://hdl.handle.net/1822/10926>.
- [7] S. Sanber; M. Nicholson, "Longitudinal Study of the relationship between students' perceptions of their problem solving and ICT skills and their ICT experience as part of their teacher education program". In A. Lauriala et al. (Eds.) *Navigating in Educational Contexts: Identities and Cultures in Dialogue*. Rotterdam: Sense Publishers, 2011, pp. 227-241.
- [8] M. Correia, "Integração dos Recursos Educativos Digitais no 1.º Ciclo do Ensino Básico: uma realidade ou uma utopia?" [Tese de mestrado]. Lisboa: Escola Superior de Educação João de Deus, 2012.
- [9] L. Valente, "Recursos Digitais para Utilização em Contexto Educativo: A Cana ou o Peixe?" VI conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação, Challenges 2009. Braga: Centro de

- Competência da Universidade do Minho, 2009. Retirado de http://www.valente.org.pt/downloads/artigos/recursos_challenges_09.pdf
- [10] F.A.J. Korthagen, "A prática, a Teoria e a Pessoa na Formação de Professores". In *Educação, Sociedade & Culturas*, vol.36, 2012, pp.141-158. Retirado de <http://www.fpce.up.pt/ciie/revistaesc/ESC36/Arquivo.pdf>
- [11] M. Monteiro, & G. L. Miranda, "Produção de Vodcasts por alunos do 12.º ano de Geologia: Uma experiência em análise". In A. Rocha, D. Fonseca, E. Redondo, L. P. Reis, & M. C. Cota (Eds). In *Actas de la 9.ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Informacion*, Barcelona, Braga: APPACDM, 2014, vol.1., pp.737-742.
- [12] T. Anderson; J. & Shattuck, "Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research?" In *Educational Researcher*, 41(1), 2012, pp.16–25. Retirado de <http://edr.sagepub.com/cgi/content/long/41/1/16>
- [13] J. R. Lagarto, "Avaliação em e-learning. In *Educação, Formação & Tecnologias*, 2009, vol.2 (1); pp. 19-29. Retirado de <http://eft.educom.pt>.
- [14] L. Bardin, "Análise de conteúdo". Lisboa: Edições 70, 2009.
- [15] S. F. Amaral, "Utilização do conceito de mapas conceituais no desenvolvimento de conteúdo para TV digital". Paper presented to the Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. São Paulo: Intercom, 2009. Retirado de <http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2010/resumos/R5-0156-1.pdf>
- [16] C. Franco, "A Utilização de Recursos Educativos Digitais na Sala de Aula: Um Componente Fundamental no Ensino?" Lisboa: Universidade Nova, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas de Lisboa, 2013.
- [17] D. Schwartz & K. Hartman, "It's not just television anymore: Designing digital video for learning and assessment". In R. Goldman, S. Derry, R. Pea & B. Barron (Eds.). *Video research in the learning sciences*, pp. 335-348. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbau, (2007).

Aplicação de lógica fuzzy no problema da criminalidade contra à mulher no Brasil

Application fuzzy logic in criminality problem against woman in Brazil

Angélica Félix de Castro

Departamento de Ciências Exatas e Naturais
Universidade Federal Rural do Semi-Arido
Mossoró, Brasil
angelica@ufersa.edu.br

Trevor Martin

Engineering Mathematics
University of Bristol
Bristol, UK
trevor.martin@bristol.ac.uk

Resumo — Consultas à bases de dados relacionais são tarefas simples de realizar e o surgimento da linguagem estruturada SQL facilitou ainda mais esse tipo de processamento. Mesmo sendo tão útil, o SQL não consegue realizar uma consulta caso sejam usadas palavras qualitativas: termos como *alto*, *baixo*, *muito*, *demasiado*, *pouco*, entre outros, não são expressões exatas e o SQL (uma linguagem quantitativa) não tem como processar tal tipo de operação. Nesse sentido, o presente trabalho propõe o uso da lógica de aproximação fuzzy para responder consultas consideradas subjetivas. Um dataset com dados verdadeiros de homicídios contra a mulher no Brasil, entre os anos de 2003 a 2013, foi utilizado e consultas qualitativas a essa base de dados puderam ser respondidas usando uma metodologia fuzzy.

Palavras Chave – *consultas qualitativas, lógica fuzzy, criminalidade contra à mulher.*

Abstract — Relational databases queries are simple and the structured language SQL facilitates this kind of processing. SQL is very useful but it does not realize queries if qualitative words are used: expressions as *high*, *low*, *very*, *little*, among others, are not exact and SQL (quantitative language) does not can process it. In this way, this work proposes to use fuzzy logic to respond subjective queries. A dataset with homicides against woman data in Brazil, between the years 2003-2013, was used and qualitative queries to this dataset were answered using a fuzzy methodology.

Keywords – *qualitative queries; fuzzy logic; criminality against woman.*

I. INTRODUÇÃO

A violência contra a mulher não é um fato novo. Pelo contrário, é tão antigo quanto a humanidade. O que é novo, e muito recente, é a preocupação com a superação dessa violência como condição necessária para a construção da sociedade moderna. E mais novo ainda é a judicialização do problema, entendendo a judicialização como a criminalização da violência contra as mulheres, não só pela letra das normas ou leis, mas também, e fundamentalmente, pela consolidação de estruturas específicas, mediante as quais o aparelho policial e/ou jurídico pode ser mobilizado para proteger as vítimas e/ou punir os agressores[1].

Desde a década de 90, o Brasil vem apresentando índices alarmantes de violência doméstica cometida no ambiente familiar. De acordo com [2], em um ranking de 54 países, o Brasil é o campeão em violência doméstica com números que indicam que a cada 16 segundos uma mulher é agredida pelo seu companheiro e 70% das mulheres assassinadas, foram vítimas de seus próprios maridos.

O trabalho [3] desenvolveu uma ferramenta computacional, amparada por um banco de dados relacional, capaz de analisar as informações coletadas das ocorrências registradas na delegacia permitindo extrair dados críticos e relevantes para o combate à violência doméstica, tais como regiões mais violentas, perfil das regiões que propicie essas agressões e perfil das vítimas e dos agressores. Nesse tipo de banco de dados, é possível realizar consultas exatas, matemáticas e precisas, usando SQL (*Structured Query Language*).

Em contrapartida, existem casos em que as consultas desejadas são baseadas em termos qualitativos ao invés de números quantitativos: perguntas com palavras do tipo “*alto*”, “*muito*”, “*pouco*”, “*intenso*”, “*perto*”, “*longe*”, “*próximo a*”, entre outras, são consultas subjetivas, onde torna-se difícil usar uma linguagem tão exata como o SQL. Dessa maneira, o uso de lógica fuzzy auxilia a responder consultas dessa natureza tão subjetiva.

O presente artigo propõe uma metodologia que utiliza o conceito de lógica fuzzy em consultas consideradas subjetivas e não-exatas no ambiente dos bancos de dados. Foi utilizado um dataset contendo informações sobre a violência contra a mulher no Brasil, no período de 2003 a 2013, e consultas generalizadas puderam ser respondidas usando fuzzy. Trata-se de um trabalho de cunho prático, onde foi utilizada a teoria de lógica fuzzy em um problema sério e real.

O trabalho está organizado da seguinte maneira: a seção II apresenta um background com o quadro da criminalidade contra a mulher no Brasil e a teoria de conjuntos fuzzy; na seção III foram listados alguns trabalhos relacionados; na seção IV há a descrição do problema e a metodologia utilizada para

solucioná-lo; a V exibe os resultados obtidos e por fim, a seção VI apresenta a conclusão desse estudo.

II. BACKGROUND

A. Criminalidade contra a mulher no Brasil

No Brasil, em agosto de 2006, foi sancionada a Lei 11.340, conhecida como Lei Maria da Penha, visando incrementar e destacar o rigor das punições para esse tipo de crime. A introdução do texto aprovado constitui uma boa síntese da Lei:

Cria mecanismos para coibir a violência doméstica e familiar contra a mulher, nos termos do art. 226 da Constituição Federal, da Convenção sobre a Eliminação de Todas as Formas de Discriminação contra as Mulheres e da Convenção Interamericana para Prevenir, Punir e Erradicar a Violência contra a Mulher; dispõe sobre a criação dos Juizados de Violência Doméstica e Familiar contra a Mulher; altera o Código de Processo Penal, o Código Penal e a Lei de Execução Penal; e dá outras providências.

Em março de 2015 foi sancionada a Lei 13.104/2015, a Lei do Feminicídio, classificando-o como crime hediondo e com agravantes quando acontece em situações específicas de vulnerabilidade (gravidez, menor de idade, na presença de filhos, etc.).

A fonte básica para a análise dos homicídios no Brasil, em todos os Mapas da Violência até hoje elaborados, é o Sistema de Informações de Mortalidade (SIM), da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS) do Ministério da Saúde (MS). Entre o período de 1980 e 2013, num ritmo crescente ao longo do tempo, tanto em número quanto em taxas, morreu um total de 106.093 mulheres, vítimas de homicídio. Efetivamente, o número de vítimas passou de 1.353 mulheres em 1980, para 4.762 em 2013, um aumento de 252%. A taxa, que em 1980 era de 2,3 vítimas por 100 mil, passa para 4,8 em 2013, um aumento de 111,1% [1]. Para o combate a esse tipo de violência, o Brasil conta com 388 delegacias especializadas, 70 juizados de violência doméstica, 193 centros de referência de atendimento à mulher e 71 casas para abrigo temporário [3].

B. Lógica Fuzzy

O termo “Fuzzy” significa algo nebuloso, impreciso ou vago. Tendo isso em vista, a Lógica Fuzzy visa resolver problemas onde a informação não é precisa, ou seja, tal informação varia de acordo com a compreensão que se tem sobre um determinado assunto. Nas subseções abaixo serão apresentados conceitos de conjuntos e subconjuntos fuzzy.

1) Conjuntos Fuzzy:

A teoria dos conjuntos Fuzzy foi formalizada por [4] e passou a tratar objetos de forma que seus graus de pertinência para um ou outro grupo variem entre 0 e 1. Segundo a Lógica Tradicional, ou um objeto (O) é totalmente pertencente a um grupo A ou o objeto é totalmente não pertencente a tal grupo. Por outro lado, nos conjuntos fuzzy um objeto pode ser parcialmente pertencente a um grupo A e parcialmente pertencente a outro grupo B.

Todos os conceitos conhecidos para um conjunto na matemática podem ser expandidos para os conjuntos fuzzy, realizando-se as devidas adaptações. Dessa forma, é possível efetuar uma união, uma interseção, um complemento ou um produto cartesiano entre conjuntos fuzzy.

Sabendo que qualquer conjunto clássico pode ser caracterizado por uma função, a função característica, [4] obteve a formalização matemática de um conjunto Fuzzy. A Definição 1, a seguir, mostra a representação de uma função de pertinência de um subconjunto Fuzzy.

Definição 1. Seja U um conjunto e A um subconjunto de U. A função característica de A é dada pela Equação 1:

$$X_A(x) = 1 \text{ se } x \in A \quad (1) \\ 0 \text{ se } x \notin A$$

Com isso, X_A é uma função cujo domínio é U e a imagem está contida no conjunto 0, 1. Se $X_A(x) = 1$ significa que x está contido em A, caso contrário, $X_A(x) = 0$ significa que x não está contido em A. Dessa forma, uma função característica é responsável por descrever completamente o conjunto A, dado que tal função indica quais elementos do conjunto universo U são também elementos de A.

2) Subconjuntos Fuzzy:

Um subconjunto fuzzy F de um conjunto universo U é definido em termos de uma função de pertinência φ que a cada elemento x de U associa um número $\varphi(x)$, entre zero e o máximo grau de pertinência de x em F, neste caso é igual a 1. Com isso, a Definição 2 mostra como é possível indicar um conjunto fuzzy de acordo com sua função de pertinência.

Definição 2. Seja U um conjunto clássico. Um subconjunto fuzzy A de U é caracterizado por uma função

$$\varphi_A: U \rightarrow [0,1],$$

pré-fixada, denominada função de pertinência do subconjunto fuzzy A.

Com isso, tem-se que o valor $\varphi_A(x) \in [0,1]$ associa qualquer elemento $x \in U$ ao conjunto fuzzy A com um determinado grau de pertinência. Se $\varphi_A(x) = 0$, isso significa que x não pertence ao conjunto fuzzy A. Caso contrário, se $\varphi_A(x) = 1$, indica que x pertence completamente ao conjunto fuzzy A.

Formalmente, é possível obter a definição de subconjunto fuzzy ampliando o contra domínio da função característica, ou seja, o conjunto $\{0,1\}$, para o intervalo $[0,1]$. Com isso, tem-se que um conjunto clássico A de U é um caso particular do conjunto fuzzy, para o qual a função de pertinência φ_A é sua função característica de A, isto é,

$$\varphi_A: U \rightarrow \{0,1\}.$$

Um subconjunto fuzzy F é composto de elementos x de um conjunto clássico U, providos de um valor de pertinência a F, dado por $\varphi_F(x)$. Com isso, pode-se dizer que um subconjunto fuzzy F de U é dado por um conjunto de pares ordenados:

$$F = \{(x, \varphi_F(x)), x \in U\}.$$

O conjunto clássico de U definido por

$$\text{supp}F = \{x \in U : \varphi_F(x) > 0\}$$

é denominado suporte de F e é muito importante no que tange a relação entre as teorias de conjuntos clássica e fuzzy.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

Alguns trabalhos lidaram com o problema da criminalidade no Brasil:[3] desenvolveu uma ferramenta web, baseada toda em lógica fuzzy, capaz de identificar ocorrências de agressão contra a mulher e além disso, fornecer aos profissionais envolvidos nessa problemática os focos de concentração dos casos de violência, permitindo que estes elaborem estratégias de posicionamento mais direcionado aos locais de maior probabilidade de acontecer uma agressão.

O trabalho [5]apresentou uma abordagem de detecção de hot spots criminais usando o algoritmo de clusterização k-means para otimizar a distribuição de policiamento na cidade de Mossoró, Nordeste do Brasil. Além disso, foi usado o conceito de FCA (*Formal Conceptual Analysis*) para obter a representação gráfica dos tipos de crimes em diferentes períodos do dia para complelemtar os modelos dos hot spots.

[6] desenvolveu uma ferramenta baseada em *Business Intelligence (BI)* para identificar o índice de criminalidade de Mossoró e auxiliar os órgãos responsáveis na melhor utilização de recursos no combate ao crime.

[7] traçou um Mapa de Kernel, baseado em dados reais de criminalidade ao longo dos anos, onde é possível identificar quais áreas da cidade de Mossoró são mais perigosas e que precisam de maior policiamento.

Utilizando técnicas de análise de dados, é possível identificar padrões de ocorrência no raio de ação do CentroIntegrado e então prover mecanismos para a tomada dedecisões baseada em dados, que pode aumentar o tempo deresposta e consequentemente ajudar em um combate maiseficiente ao crime.

Essa premissa é reforçada em [8] que aborda diversasteorias de criminologia ambiental. Essas teorias assumem quenão há aleatoriedade total nas atividades criminais. Tendo emvista que é perceptível que alguns locais, horários ou grupossão mais propícios a ocorrência que outros.

IV. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA PROPOSTO E METODOLOGIA UTILIZADA

Nesse trabalho, a idéia foi aplicar as vantagens da lógica fuzzy para entender e analisar o quadro de violência contra a mulher no Brasil. O estudo e levantamento de dados reais foram registrados por [1] e retrata o histórico de criminalidade doméstica de todo o território brasileiro,registrando os números de homicídios, os tipos de violência, cor e idade das vítimas, meios utilizados, locais de agressão, entre outras informações.

Dessa maneira, para esse trabalho, foi montado um banco de dados com esses números oficiais obtidos em [1] e várias consultas – utilizando SQL – puderam ser realizadas. Em um determinado momento, teve-se interesse em fazer o seguinte questionamento: “*Quais estados brasileiros possuem um índice de criminalidade muito alto contra a mulher, no período de 2003 a 2013?*”.

Com a linguagem SQL habitual, não é possível responder tal pergunta, visto que não existe exatidão para a expressão “*muito alto*”. O que vem a ser *muito alto*? Mais de mil? Mais de cinco mil? Mais de dez mil? Não é possível responder algo tão generalizado com uma linguagem estruturada como SQL.

Para responder tal tipo de consulta, uma solução encontrada foi usar conceitos de lógica fuzzy: por se tratar de algo inexato e impreciso, a teoria de conjuntos e subconjuntos fuzzy pode auxiliar na obtenção da desejada resposta.

Primeiramente, foi realizada a fuzzificação, que consiste em mapear dados precisos para os conjuntos fuzzy (de entrada) relevantes. Para a variável linguística **HomicídiosMulheres**, foram adotados os seguintes termos linguísticos: “*alto*”, “*muito alto*” e “*alarmante*”. Com isso, com a ajuda de um especialista, foram definidas as fronteiras nas quais os termos definidos pertencem: um valor considerado *alto* aparece na faixa entre 0 – 3153 homicídios, um valor *muito alto* entre 1577 e 6305, e um valor *alarmante* aparece no intervalo entre 4729 e 7881 mortes de mulheres.

Tendo em vista estes valores, pode-se expressar a descrição das funções de pertinência como mostra a Fig. 1.



Figure 1. Funções utilizadas para a variável linguística **HomicídiosMulheres**

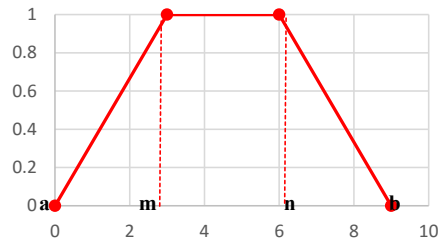
Na Fig. 1 é possível notar a existência de funções trapezoidais. Isso foi definido pelo fato de representarem melhor a realidade. Dessa forma, um valor que está na faixa “*alto*” tem seu grau de pertinência a esse termo se aparece entre 0 e 3153, após isso, entre 1577-6305, o número começa a deixar de ser “*alto*” e começa a ter a pertinência ao termo “*muito alto*” aumentada. Assim, existem regiões de transição de estado do valor. A função de pertinência de **HomicídiosMulheres** $\mu_{HM}(n)$ é então definida pela função de pertinência trapezoidal.

Após essa fuzzificação – onde ocorre a transformação de valores quantitativos em descrições qualitativas – foi realizada uma consulta SQL convencional ao banco de dados, onde o objetivo foi saber a quantidade de homicídios de mulheres, entre 2003 e 2013, em todos os estados brasileiros. O resultado dessa consulta pode ser visualizado na Tabela I.

TABLE I. RESULTADO DA CONSULTA SQL

EstadosBrasileiros	HomicídiosMulheres de 2003 a 2013
Acre	184
Alagoas	1174
Amazonas	727
Amapá	146
Bahia	3440
Ceará	1741
Distrito Federal	705
Espírito Santo	1877
Goiás	1987
Maranhão	968
Minas Gerais	4448
Mato Grosso do Sul	742
Mato Grosso	978
Pará	1822
Paraíba	994
Pernambuco	3012
Piauí	399
Paraná	3067
Rio de Janeiro	4627
Rio Grande do Norte	552
Rondônia	487
Roraima	169
Rio Grande do Sul	2266
Santa Catarina	946
Sergipe	452
São Paulo	7881
Tocantins	334

Função de Pertinência Trapezoidal



Cálculo da função de pertinência trapezoidal:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \\ (x-a)/(m-a) & \text{if } x \in (a,m) \\ 1 & \text{if } x \in [m,n] \\ (b-x)/(b-n) & \text{if } x \in (n,b) \\ 0 & \text{if } x \geq b \end{cases}$$

Figure 2. Cálculo da função de pertinência trapezoidal

TABLE II. FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA DE TODOS OS ESTADOS BRASILEIROS NA CATEGORIA MUITO ALTO.

EstadosBrasileiros	HomicídiosMulheres de 2003 a 2013	$\mu_{HM}(\text{muito alto})$
Acre	184	0
Alagoas	1174	0
Amazonas	727	0
Amapá	146	0
Bahia	3440	1
Ceará	1741	0.1
Distrito Federal	705	0
Espírito Santo	1877	0.19
Goiás	1987	0.26
Maranhão	968	0
Minas Gerais	4448	1
Mato Grosso do Sul	742	0
Mato Grosso	978	0
Pará	1822	0.15
Paraíba	994	0
Pernambuco	3012	0.91
Piauí	399	0
Paraná	3067	0.94

Nesse momento, ainda não é possível responder quais Estados tiveram um nível de homicídios *muito alto*. Sendo assim, a fuzzificação realizada na Fig. 1 vai mapear os valores da Tabela I com os termos “alto”, “muito alto” e “alarmante”. De acordo com [4], o cálculo da função de pertinência trapezoidal segue as equações que aparecem na Fig. 2. Como o interesse está na categoria “muito alto”, então, usando essas equações da função de pertinência trapezoidal, calculou-se a pertinência $\mu_{HM}(\text{muito alto})$ para todos os Estados brasileiros. O resultado pode ser visualizados na Tabela II.

Estados Brasileiros	Homicídios Mulheres de 2003 a 2013	$\mu_{HM}(\text{muito alto})$
Rio de Janeiro	4627	1
Rio Grande do Norte	552	0
Rondônia	487	0
Roraima	169	0
Rio Grande do Sul	2266	0.43
Santa Catarina	946	0
Sergipe	452	0
São Paulo	7881	0
Tocantins	334	0

Perceba que muitos Estados possuem valor 0 na categoria *muito alto*. Isso significa que eles não pertencem de maneira alguma a tal classificação: estão totalmente inseridos na categoria *alto* ou *alarmante*.

Para obter os Estados com nível *muito alto* de homicídios, admitiu-se um threshold maior ou igual a 0.3. Sendo assim, nessa nova etapa, apenas os seguintes locais permaneceram (Tabela III):

TABLE III. ESTADOS BRASILEIROS COM ÍNDICE *MUITO ALTO* DE HOMICÍDIOS CONTRA A MULHER, ENTRE 2003 A 2013.

Estado	Homicídios Mulheres de 2003 a 2013	$\mu_{HM}(\text{muito alto})$
Bahia	3440	1
Minas Gerais	4448	1
Pernambuco	3012	0.91
Paraná	3067	0.94
Rio de Janeiro	4627	1
Rio Grande do Sul	2266	0.43

Desse modo, respondendo ao questionamento feito no início da seção:

“Quais estados brasileiros possuem um índice de criminalidade muito alto contra a mulher, no período de 2003 a 2013?”.

Após aplicar lógica fuzzy para auxiliar a responder tal questão, a resposta pode ser visualizada na Tabela III, onde os Estados com índice de criminalidade *muito alto* contra a mulher, entre 2003 e 2013, foram: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Paraná, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul.

V. RESULTADOS OBTIDOS

Toda a metodologia adotada nesse trabalho permitiu responder uma consulta altamente subjetiva: para ter êxito em

uma consulta ao banco de dados, onde a palavra-chave era uma descrição qualitativa *muito alto*, foi necessário o uso e aplicação de lógica fuzzy, visto que SQL sozinho não conseguia obter a resposta apropriada.

Após toda a metodologia aplicada, foi obtida uma resposta onde seis estados brasileiros apresentam um grau *muito alto* no que diz respeito aos homicídios contra as mulheres.

A Fig. 3 exibe o mapa do Brasil com sua divisão política, onde aparecem todos os estados: os de cores vermelhas são aqueles que – depois de aplicada a teoria fuzzy – apresentam índice *muito alto* de criminalidade contra a mulher, entre os anos de 2003 a 2013. Esse mapa exibe os resultados obtidos na Tabela III da seção anterior.

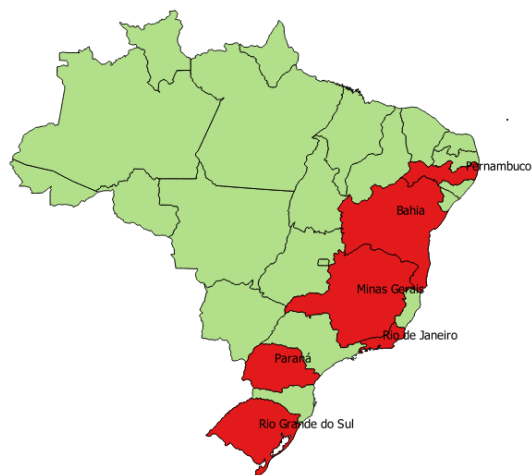


Figure 3. Estados brasileiros que tiveram um índice de criminalidade *muito alto* contra a mulher, no período de 2003 a 2013.

VI. CONCLUSÕES

Muitas vezes, as consultas a médios ou grandes bancos de dados necessitam de uma visão mais ampla do que somente consultas exatas e quantitativas. A depender dos dados inseridos em um dataset, pode haver a necessidade de fazer consultas subjetivas usando palavras adjetivas, do tipo *muito*, *pouco*, *apenas*, *alto*, *ganho de lucro*, *prejuízo*, entre outras expressões.

Nesse contexto, o uso de lógica fuzzy em banco de dados pode ser uma boa alternativa para solucionar esse tipo de questionamento, visto que fuzzy lida com inexatidão e proximidade.

O presente trabalho lidou com um banco de dados real, que contém informações sobre a violência contra a mulher, no Brasil, no período de 2003 a 2013. Foi possível realizar muitas consultas e análises nesse banco, mas em um dado momento, a pergunta foi por demais subjetiva, a ponto do SQL não ser suficiente para respondê-la.

Para obter resposta no questionamento “*Quais estados brasileiros possuem um índice de criminalidade muito alto contra a mulher, no período de 2003 a 2013?*”, foi preciso

mapear todo o banco de dados para o conceito fuzzy (através da fuzzificação), definir o grau de pertinência desses estados à categoria *muito alto* e só então identificar quais deles apresentam esse problema da criminalidade contra a mulher.

Ao analisar a Tabela I, percebe-se que em todos os estados brasileiros aconteceram homicídios contra as mulheres e que no Estado de São Paulo, esse valor é altíssimo: um total de 7881 mulheres foram assassinadas em um período de 10 anos. O presente trabalho não tem como objetivo identificar as causas e consequências dessa realidade, visto que se trata de um sério problema social e sexista. A proposta foi analisar um banco de dados real e responder perguntas generalizadas com o uso de lógica fuzzy.

O objetivo foi alcançado e o fuzzy foi usado na obtenção da resposta à consulta, visto que a mesma possuía os termos *“muito alto”*, *“mulher”* e *“2003-2013”*. O uso somente do SQL não foi suficiente para responder tal questionamento e a lógica fuzzy teve papel essencial no surgimento dos resultados.

Fuzzy é uma lógica de aproximação e cada vez mais tem sido usada nas mais diversas áreas e/ou situações. Atualmente, tem sido muito utilizada para resolver problemas de cunho real.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Ciência sem Fronteiras e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida à primeira autora, bem como à Universidade Federal Rural do

Semi-Árido (Brasil) e University of Bristol (UK) pelo suporte fornecido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. J. Waisefisz, “Violence Map 2015 – Homicides of women in Brasil”, “Mapa da Violência 2015 – Homicídios de Mulheres no Brasil”, 2015. Disponível em: http://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2015/MapaViolencia_2015_mulheres.pdf.
- [2] IBOPE Inteligência, “Percepções e Reações da Sociedade sobre a Violência Doméstica”, 2009. Disponível em: <http://200.130.7.5/spmu/docs>
- [3] A. M. G. de Farias, “SISTEMA FUZZY NO COMBATE À VIOLÊNCIA DOMÉSTICA”, monografia de graduação, curso de ciência da computação, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2011, 48p.
- [4] L. A. Zadeh, “Fuzzy Sets. Information and Control”, vol. 8, issue 3, Eds. Elsevier, 1965, pp. 338–353.
- [5] A. M. G. Farias, M. E. Cintra, A. F. de Castro e D. C. Lopes, “Criminal Hot Spot detection using Formal Concept Analysis and Clustering Algorithms”, in Encontro Nacional de Inteligência Artificial, ENIAC, 2014, pp. 85-90.
- [6] F. P. Freitas Neto, “Business intelligence aplicada na tomada de decisões em segurança pública”, dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, PPgCC – UERN/UFERSA, 2014, 91p.
- [7] F. P. Freitas Neto, A. F. de Castro e F. C. Lima Junior, “Business Intelligence applied in decision support for public safety”, in: 9a Conferencia Iberica de Sistemas y Tecnologias de Informacion, CISTI 2014, Vol. 1 – Artículos, pp 198-203.
- [8] R. Wortley e L. Mazerolle, “Environmental criminology and crime analysis”. Portland: Willian Publishing, 2008.

Los Métodos de Resolución de Problemas como guías del proceso de desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento

Un caso práctico en sistemas de valoración

Using problem solving methods to guide the development of Knowledge-based Systems

A case use on assessment systems

Abraham Rodríguez-Rodríguez, Francisca Quintana-Domínguez

Instituto Universitario de Ciencias y Tecnologías
Ciberneticas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Las Palmas de Gran Canaria, España
{abraham.rodriguez, francisca.quintana}@ulpgc.es

Gilberto Martel-Rodríguez, Miguel Márquez-Marfil
Departamento del Agua, Instituto Tecnológico de Canarias
Santa Lucía, Gran Canaria, España
{gmartel, mmarquez}@itc.org

Resumen — En este artículo describimos un caso práctico para un Sistema Basado en el Conocimiento (SBC) de valoración. En él defendemos que los Métodos de Resolución de Problemas juegan un papel esencial en el proceso de desarrollo de un SBC no sólo para describir el proceso de inferencia, sino también para guiar las actividades paralelas del desarrollo, como facilitar el desarrollo de una comprensión común con los expertos, planificar las sesiones de adquisición del conocimiento, o describir los elementos de información que participan en la tarea. Además, defendemos que no es posible desarrollar un SBC sin que éste vaya acompañado de un contexto que facilite a los usuarios la interpretación de la respuesta.

Palabras Clave – *Sistemas Basados en el Conocimiento; Métodos de resolución de problemas; Ingeniería del Conocimiento.*

Abstract — This work describes a practical case for an assessment knowledge-based system (KBS). We consider that problem solving methods play an essential role in the development process of a KBS; not only to describe the inference process, but also to guide many development activities, such as facilitating a common understanding between domain experts and knowledge engineers, scheduling knowledge acquisition sessions, or describing key information structures. Furthermore, we think that, in order to develop a successful KBS, we must integrate it in an Information System which facilitates the understanding of the KBS results.

Keywords – *Knowledge-based Systems; Problem Solving Methods; Knowledge Engineering.*

I. ANTECEDENTES

El Proyecto CARMAC se compone de numerosas iniciativas con el objetivo común de mejorar la calidad del agua en la Macaronesia Europea (Islas Canarias, Azores y

Madeira), haciendo énfasis en la protección de los recursos hidrológicos en las zonas costeras. Se trata de un proyecto transnacional financiado por la Unión Europea en el que han participado numerosas instituciones y universidades, tanto de España como de Portugal. En lo que a este artículo se refiere, nos centraremos en la iniciativa que tiene como objetivos la promoción de la utilización y el asesoramiento en la selección de las tecnologías, de los productos y de los sistemas de depuración de aguas residuales. En este contexto desarrollamos un Sistema de Información (SI) y un Sistema Basado en el Conocimiento (SBC) que proponen la utilización de una combinación de tecnologías de depuración a partir de la descripción de vertidos de hasta 2000 habitantes equivalentes.

En el tratamiento de aguas residuales intervienen procesos físicos, biológicos y químicos, los cuales aseguran que los niveles de contaminación del efluente resultante estén dentro de los límites legales. Cuando se diseña una instalación de depuración también deben considerarse numerosos aspectos para que los costes de construcción y explotación de la instalación sean asumibles tanto por el operador como por el entorno. En general, el proceso de depuración se organiza en una serie de etapas o fases claramente identificadas en las que intervienen diferentes técnicas y tecnologías en función de cuál sea el destino del producto resultante (vertido al mar o reutilización). Estas etapas se denominan (según el flujo del vertido) *pretratamiento, tratamiento primario, secundario, terciario y vertido*. Cada etapa tiene características y objetivos propios cuya descripción va más allá de los objetivos de este artículo.

Por lo general, los pequeños asentamientos e instalaciones presentan las mayores deficiencias en la utilización de las tecnologías de depuración, ya que no son aplicables las mismas

tecnologías que en instalaciones medianas y grandes [1] [2], y por la falta de personal cualificado con el conocimiento necesario para decidir qué tecnologías implantar. En este contexto, sería de gran ayuda una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que asese en la selección y combinación de tecnologías de depuración.

Diversos autores confirman la complejidad en la selección de las tecnologías de depuración debido al elevado número de factores que intervienen en el proceso de selección. Aunque es obvio que los criterios económicos, como los costes de la inversión y del terreno, juegan un papel destacado, los criterios de sostenibilidad a medio y largo plazo también deberían ser considerados [3]. Garrido-Barseba M. *et al* [4] propusieron un SBC para el diseño conceptual de un sistema de tratamiento de aguas residuales, en el cual se consideraban las principales características de cada tecnología y la compatibilidad entre las mismas. Aunque estas herramientas y estudios son extremadamente útiles para los expertos en el campo, son difícilmente utilizables por no-expertos que, por otro lado, son los que tienen que tomar decisiones sobre la implantación de estas tecnologías (ej. responsables de área en municipios, hoteles, etc.), lo que les lleva a adoptar soluciones convencionales o comerciales sin analizar otras alternativas posibles. Las herramientas desarrolladas en este proyecto están concebidas para proporcionar conocimiento y alternativas a cualquier responsable encargado de tomar decisiones sobre la selección de tecnologías de depuración, independientemente del nivel de conocimiento sobre el dominio.

A. Ingeniería del Conocimiento y Métodos de Resolución de Problemas

El desarrollo de SBCs ha sido y es un área de investigación tradicional en Inteligencia Artificial. El desarrollo de este tipo de sistemas debe superar numerosas dificultades, lo que la convierte en una tecnología costosa y con un elevado índice de fracasos en el desarrollo. Algunas metodologías de desarrollo, como VITAL [5], MIKE [6], o CommonKADS [7], promueven la utilización de componentes genéricos para facilitar la reutilización de conocimiento, Métodos de Resolución de Problemas (*PSM por Problem-Solving Methods*) y código.

Los *PSM* son estructuras de alto nivel que describen el proceso de razonamiento a partir de un cuerpo de conocimiento [8]. Un *PSM* normalmente implementa un tipo de tarea genérica, como puede ser diagnosis, valoración o planificación, a la vez que proporcionan un conjunto de inferencias y descripciones de *conocimiento* que facilitan alcanzar una solución sin hacer referencia alguna a un dominio concreto. De alguna manera, los *PSM* se definen en el *nivel de conocimiento* tal como lo describió Newell en 1982 [9]. Posteriormente, Clancey [10] validó algunas de las ideas de Newell con su trabajo sobre *Clasificación Heurística*, analizando un conjunto de SBC de primera generación y derivando un comportamiento común en la resolución de tareas de clasificación. Los trabajos de McDermott [11] sobre *Role-limiting Methods* y de Chandrasekaran [12], sobre *Generic Tasks* enriquecieron y evolucionaron la noción de *PSM*. Metodologías como CommonKADS [7] o MIKE [6] que consideran a los *PSM* son estructuras esenciales para controlar las actividades metodológicas en el desarrollo de SBC. Los *PSM* se erigen

como elementos básicos del desarrollo de SBC porque fomentan la reutilización de estrategias de resolución de problemas que se han demostrado efectivas, a la vez que facilitan la organización y estructuración del conocimiento mediante la utilización de estructuras de conocimiento (denominadas usualmente *knowledge-roles*).

A pesar del optimismo que se puede deducir de algunas conclusiones como las que describen en [13], las técnicas que se apoyan en los *PSM* no han alcanzado la madurez esperada. Algunos tópicos, como el compromiso entre *usabilidad* y *reusabilidad* o el nivel de detalle al que deben estar descritos, o el grado de formalismo al que deben describirse son temas complejos sin una solución sencilla, tal como se analiza en [14], [15] o [16].

Entre los años 90 y primeros años del 2000 se desarrollaron numerosos estudios relacionados con la Ingeniería del Conocimiento, pero tal como describe Brown [8], ‘... fue como si la comunidad de investigadores en SBC e Ingeniería del Conocimiento hubieran perdido su memoria cuando reorientaron sus trabajos a la Web...’. En este sentido, estamos convencidos de que aún existen muchos aspectos que aún no han sido explorados y otros que se habían abandonado por su complejidad que pueden abordarse con las tecnologías que han aparecido desde entonces. Coincidimos con aquellos que conciben la utilización de los *PSM* como una manera de gestionar la complejidad, no sólo en el diseño e implementación de sistemas software como se argumenta en [17], sino también durante el análisis del sistema, donde los *PSM* pueden jugar un papel esencial para facilitar la integración de conocimiento heterogéneo. Este artículo describe nuestra experiencia sobre la importancia de definir el contexto en el que se ejecuta un SBC y cómo los *PSM* facilitan las tareas de desarrollo del mismo.

II. DEFINICIÓN DE LA ARQUITECTURA E INTEGRACIÓN DEL SBC

Uno de los errores más comunes en el desarrollo del SBC ha consistido en no considerar las necesidades reales del usuario al que va dirigido, o dicho de otra manera, en no proporcionar un contexto adecuado en el que usar la herramienta que se quiere construir. En este caso, la propuesta inicial de ‘desarrollar un SBC sobre tecnologías de depuración’ fue reorientada hacia el desarrollo de un SI que incluyera, como una característica más, dicho sistema experto. Las repercusiones de esta reformulación no son menores, por cuanto el esfuerzo de desarrollo es mucho más complejo y costoso.

El SI se concibió para facilitar el acceso a información técnica, proporcionar asesoramiento experto, y fomentar la colaboración entre expertos y empresas del sector. La información del dominio se distribuye y relaciona entre distintas entidades tal como muestra la Fig. 1:

- *Tecnologías*: reúnen información de capacidades y rendimientos para la mayoría de las tecnologías de tratamiento más comúnmente utilizadas.
- *Casos de éxito*: modelan tanto las características como la información contextual de

estaciones de depuración existentes, incluyendo detalles sobre los tipos de edificaciones que generan los vertidos, información geográfica, tecnologías y parámetros reales de rendimiento.

- **Productos:** información técnica de productos comerciales que implementan alguna de las tecnologías descritas en las fichas de tecnologías.
- **Empresas y profesionales:** información de contacto y capacidades de empresas y profesionales del sector.

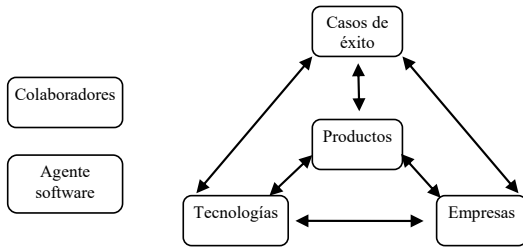


Figura 1. Arquitectura del Sistema de Información

El

SI está diseñado para que los usuarios puedan solicitar asesoramiento accediendo a la lista de expertos colaboradores. Cada experto tiene su propio perfil de competencias y experiencia. Cuando la solicitud de asesoramiento está relacionada con la definición de una planta de depuración, el usuario deberá en primer lugar proporcionar una descripción lo más detallada posible del entorno del vertido. Esta descripción será accesible a todos los colaboradores, los cuales podrán proporcionar sus propias soluciones, o valorar y comentar las soluciones sugeridas por otros expertos. El usuario que solicita asesoramiento también puede invocar al SBC para que analice la información y construya una solución. En este caso, la respuesta del SBC se incluye en la lista de soluciones propuestas, en igualdad de condiciones que las propuestas por los colaboradores.

Consideramos que con esta concepción del SI conseguimos definir un contexto coherente (con casos de éxito, tecnologías, profesionales, etc.) en el que integrar el SBC, minimizando de esta manera una de las principales causas de fracaso.

III. DESARROLLO DEL SBC

La descripción del modelo de conocimiento de la metodología CommonKADS [7] se utilizó como referencia para el desarrollo del asesor software (SBC). A diferencia de otras metodologías, CommonKADS identifica distintos tipos de conocimiento, se centra en la utilización de PSMs y proporciona un lenguaje de modelado semiformal que facilita enormemente las tareas de análisis del sistema. Sin embargo, la metodología no describe con precisión los pasos que deben seguirse para conseguir un resultado del análisis.

En nuestro caso, este proceso lo estructuramos en tres etapas:

- Identificar y describir la tarea genérica.

- Describir los elementos básicos del dominio y relacionarlos con el esquema de razonamiento.

- Ajustar el PSM de partida y detallar cómo se implementarán las funciones básicas de razonamiento.

A. Identificación y descripción de la tarea genérica

De manera simplificada, las distintas tareas expertas se pueden agrupar en dos familias: las analíticas, y las sintéticas. En las primeras, a partir de una descripción de un problema se trata de seleccionar entre un conjunto predefinido (conocido *a priori*) de soluciones posibles. Ejemplos de tareas analíticas son los sistemas de clasificación, diagnóstico o valoración. Los sistemas sintéticos se asocian con las tareas en las que existe un componente de complejidad- np . El número de soluciones posibles es extremadamente alto y las técnicas que se utilizan están dirigidas a minimizar el espacio de búsqueda de soluciones (reducir el número de posibilidades) y a optimizar la velocidad con la que se decide si una solución es válida o no. En esta categoría se encuentran las tareas de planificación, diseño o programación. La metodología CommonKADS realiza un análisis exhaustivo de esta tipología de tareas proporcionando un PSM para cada una de ellas, los cuales pueden ser utilizados como punto de partida para guiar el proceso de desarrollo.

El objetivo principal de este proyecto era generar una combinación de tecnologías de depuración que se ajustara a los requisitos y limitaciones definidas por el usuario. Decidimos modelar la tarea utilizando un modelo de *valoración* debido a que el número de combinaciones posibles no era significativo, y a que la naturaleza de la información disponible por parte del usuario era más descriptiva que planteada en términos de *restricciones y preferencias*. En definitiva, iteramos a partir de un número limitado de posibles combinaciones de tecnologías, valorando en qué medida cada combinación se ajusta a las características del vertido descrito por el usuario.

Aunque el algoritmo que describe un PSM intenta imitar el razonamiento humano, dicho proceso no siempre es tan simple. Según nuestra experiencia, las discrepancias entre ambos modelos de razonamiento pueden causar problemas durante todo el proceso de razonamiento del SBC, especialmente cuando se modela el conocimiento experto. Para minimizar este riesgo, es necesario llegar a un compromiso entre ambos, lo que implica modificar el PSM original mediante la inclusión de nuevas inferencias (procesos básicos) e interacciones, de manera que ambas estrategias de resolución (la del PSM original y la del experto) converjan. En nuestro caso, el PSM de valoración sugerido por *CommonKADS* fue utilizado como propuesta inicial favoreciendo de manera significativa la interacción con los expertos humanos, a la vez que facilitó la integración de conocimiento heterogéneo proveniente de fuentes distintas y descrito en varios idiomas.

B. Elementos básicos del dominio

Además del proceso de razonamiento en sí, la mayoría de los PSM también identifican los principales elementos de información que participan en el proceso de razonamiento (*Dinamic roles* en *CommonKADS*).

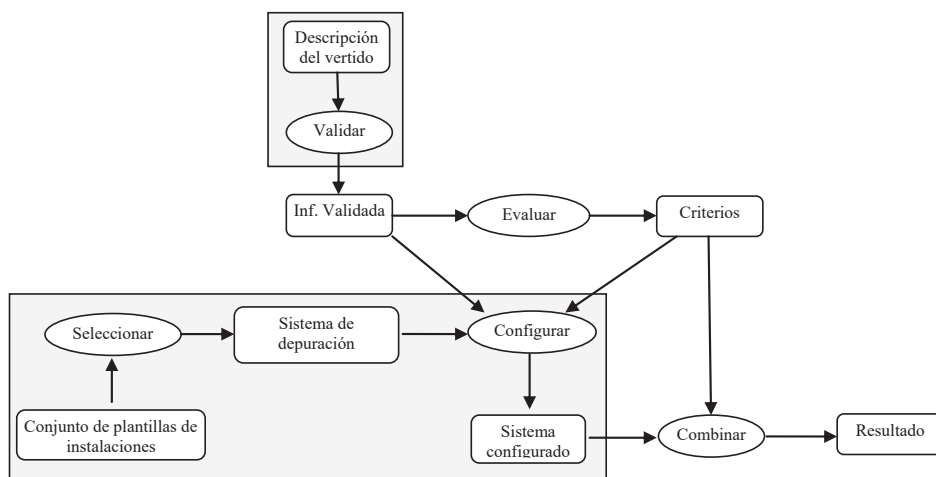


Figura 2. PSM derivado a partir del original de CommonKADS.

A partir de estas descripciones es relativamente sencillo describir, a alto nivel, los elementos del dominio que desempeñan dichos roles. En esta etapa utilizamos un conjunto básico de casos de prueba, cuya finalidad fue la de validar la estrategia básica de inferencia del PSM, a la vez que se definían las principales estructuras de datos:

- Descripción del problema: consiste básicamente en la información proporcionada por el usuario, incluyendo información sobre el entorno en el que se produce el vertido; tipos y características de instalaciones que generan el vertido (hoteles, escuelas, etc.); y los objetivos en términos de calidad y destino final del vertido procesado.
- Áreas de estudio: estos son los elementos básicos sobre los que se construye el proceso de razonamiento, ya que relacionan la información de entrada con las soluciones propuestas. Cada área de estudio se asocia con un punto de vista desde el que se puede analizar el problema (algunas se muestran en la Tabla 1). El análisis de cada área de estudio permite deducir qué características debe tener la instalación de depuración resultante. A partir de la información que proporciona el usuario, se establece qué áreas de estudio y en qué medida son relevantes para el problema actual.

Tabla 1: Algunas áreas de estudio o puntos de vista desde el que analizar la información

Criterios
Superficie
Contaminación
Sobrecargas hidráulicas inusuales
Variaciones estacionales
Generación de lodos
Población

- Instalación de depuración. Consiste básicamente en una secuencia de tecnologías de depuración, una tecnología de pretratamiento, seguida de otra primaria, una secundaria, una terciaria y finalmente de una tecnología de vertido. Cada componente es parametrizado en función de su tipo, con propiedades como superficies requeridas o rendimientos químicos esperados. La Tabla 2 muestra algunas de las tecnologías contempladas en el SBC.

Tabla 2. Algunas de las tecnologías de depuración modeladas en el SBC

Tecnologías de tratamiento de aguas residuales	
Pre-Tratamiento	Rejillas
	Eliminación de arenas
Primarios	Fosa séptica
	Lagunas anaeróbicas
Secundarios	Lagos facultativos
	Contactor biológico rotativo
	Humedal subsuperficial de flujo horizontal

C. Ajustar el PSM de partida y operacionalizar las inferencias

En esta etapa, el PSM original fue progresivamente modificado hasta obtener un esquema de inferencia viable. Esta fue con diferencia la etapa más compleja del desarrollo por cuanto los distintos expertos tuvieron que hacer converger sus procesos de razonamiento y consensuar numerosas valoraciones subjetivas. El PSM resultante se muestra en la Fig. 2. Las inferencias *evaluar* y *combinar* son de especial interés ya que constituyen el núcleo del razonamiento. De manera sintética, podríamos simplificar el proceso en estas dos etapas:

1. Evaluar: transforma los datos de entrada (la descripción del vertido y de las instalaciones que lo generan) en un conjunto de áreas de estudio. A cada área de estudio se le calcula un valor cualitativo en el rango (muy-importante,

relevante, poco-importante, no-relevante) el cual expresa el grado de relevancia de este área en el contexto actual. La inferencia se define con un sistema basado en reglas convencional. Algunas reglas modeladas en esta etapa se muestran en el Listado 1.

El criterio 'contaminación alta (el afluente tiene un BOD5 mayor de 450)' se considera para el contexto actual como:
Muy importante cuando existen instalaciones del tipo 'granjas de animales'.
Relevante cuando al menos existen instalaciones del tipo escuela, camping u hoteles y más de una de cualquier otro tipo.
Poco importante cuando las instalaciones a conectar no son de los tipos anteriores.
No relevante cuando el DB05 es menor que 450.

El criterio 'cargas hidráulicas inusuales' se considera para el contexto actual como:
Muy importante cuando la red sanitaria es única, la densidad de población es baja (< 200 habitantes equivalentes) y/o las precipitaciones son inferiores a 600 mm/año.
Relevante cuando la red sanitaria es única, la densidad de población es media (< 500 habitantes equivalentes) y/o las precipitaciones > 400 mm/año.
Poco importante cuando la red sanitaria es única.
No relevante como valor por defecto.

Listado 1. Respuesta de una instalación de depuración

- Combinar: Esta inferencia recibe dos entradas. La primera proviene de la inferencia Evaluar y se compone de una lista de áreas de estudio (junto con su relevancia para el problema actual). La segunda es una plantilla predefinida de una instalación de depuración completa (normalmente con elementos primarios, secundarios y terciarios). Utilizamos una tabla asociativa para estimar en qué medida es adecuada cada tecnología de la plantilla al problema actual. La tabla relaciona cada tecnología con las áreas de estudio seleccionadas en la etapa 1 (ver ejemplo en la Tabla 3). Toda esta información es posteriormente transformada en valores numéricos y combinada utilizando una variación de la distancia euclídea. Esta fórmula es evaluada para cada una de las plantillas predefinidas, de manera que la mejor solución se propone como solución para el usuario (siempre que el valor resultante sea superior a un umbral mínimo predefinido). Junto con la solución principal se incluyen algunas alternativas que, siendo viables, no obtuvieron la misma puntuación que la principal. En [18] se describe con mayor detalle el proceso de transformación del PSM original, y de los elementos presentes en el PSM resultante.

Tabla 3. Relaciones asociativas entre áreas de estudio y tecnologías de depuración

Área de estudio	Fosa Séptica	Humedales SFH
Superficie	Alta	Baja
Contaminación	Muy alta	Baja
Sobrecargas hidráulicas	Normal	Alta
Variaciones estacionales	Baja	Normal
Generación de lodos	n-a	Alta
Población (<50)	Muy Alta	Alta

IV. IMPLEMENTACIÓN Y DESPLIEGUE

El SI fue implementado en Drupal [18] aprovechando muchas de las cualidades de este gestor de contenidos, si bien, en algunas ocasiones tuvimos que implementar algunos módulos cuando las soluciones que ofrecía la herramienta no se integraban bien con el resto del Sistema. Recientemente hemos comenzado a rediseñar el SI, mejorando su eficiencia y para dotarlo de algunas características adicionales. También en este caso hemos seleccionado Drupal como plataforma de desarrollo debido a los resultados positivos y a la experiencia acumulada con el desarrollo anterior. El portal original aún es accesible en <http://asesor.provectocarmac.org>.

El SBC fue implementado como un servicio web Java utilizando el componente de reglas de negocio Drools de Jboss [19]. Drools proporciona un lenguaje de reglas sencillo e intuitivo, facilitando la integración de clases y objetos Java. El método de control del PSM (Fig. 2) lo implementamos utilizando el componente de Drools 'Rule flow', el cual nos proporciona un entorno gráfico con el que modelar dicho método.

La comunicación entre el SI (Drupal) y el SBC (Java-Drools) la realizamos utilizando el protocolo XML-RPC, para lo cual desarrollamos módulos específicos en Drupal.

Tanto el SI como el SBC se han venido utilizando de manera intensiva en diversas actividades desarrolladas desde el Departamento de Aguas del Instituto Tecnológico de Canarias, entre las que se encuentran las tareas de formación y concienciación de responsables políticos y de infraestructuras, así como en programas de cooperación transnacional, especialmente con países del oeste africano. En total se han contabilizado más de cien definiciones de problemas de vertidos y soluciones proporcionadas por el SBC. Dentro de los planes actuales se encuentra la mejora del SBC, con la inclusión de nuevas tecnologías y escenarios, y con soporte multilingüe. Como primer paso de esta futura mejora ya nos encontramos desarrollando una nueva versión del SI que será la que de soporte al futuro SBC.

V. CONCLUSIONES

En este artículo defendemos que el desarrollo de un SBC debe realizarse a partir de un planteamiento que considere su integración en un SI. El SI proporciona la información, el contexto y las herramientas necesarias para el que el usuario interprete correctamente la respuesta que le proporciona el SBC. En este sentido, consideramos que los servicios proporcionados por el SI se pueden utilizar para incentivar la colaboración entre expertos en el dominio; para facilitar a los no-expertos la toma de decisiones en el campo de las tecnologías de depuración; o para que cualquier usuario encuentre información relacionada con las técnicas de depuración, rendimientos, productos comerciales o empresas del sector.

El SBC se integra en el SI de manera que no hay distinción entre las soluciones generadas por los expertos humanos o por el SBC, posibilitando que los usuarios con privilegios realicen valoraciones de las soluciones del SBC y de los propios expertos humanos.

También describimos la importancia de los PSM como guía del proceso de desarrollo del SBC, proporcionando pautas para representar y estructurar el conocimiento; facilitando la planificación de sesiones de adquisición del conocimiento; y posibilitando que tanto expertos en el dominio como ingenieros del conocimiento desarrollen una interpretación unificada del proceso de resolución de la tarea.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el programa de Cooperación Transnacional MAC 2007-2003 en su proyecto CARMAC (MAC/2/011), el Departamento de Informática y Sistemas y el Instituto de Ciencias y Tecnologías Cibernéticas de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Salas, G. Martel, L. Vera and N. Sardón, "Fundamentos de los sistemas de depuración natural (SDN). Tecnologías disponibles," in *Gestiónn sostenible del agua residual en entornos rurales: Proyecto Depuranat.*, Netbiblo, 2008, pp. 3-33.
- [2] C. Aragón, J. Salas, E. Ortega and Y. Ferrer, "Lacks and needs of R&D on wastewater treatment in small populations," *Water Practice and Technology*, vol. 6, 2011.
- [3] P. P. Kalbar, S. Karmakar y S. R. Asolekar, «Selection of an appropriate wastewater treatment technology: A scenario-based multiple-attribute decision-making approach,» *Journal of environmental management*, vol. 113, pp. 158--169, 2012.
- [4] M. Garrido-Baserba, R. Reif, F. Hernández y M. Poch, «Implementation of a knowledge-based methodology in a decision support system for the design of suitable wastewater treatment process flow diagrams,» *Journal of environmental management*, vol. 112, pp. 384--391, 2012.
- [5] J. Domingue, E. Motta y S. Watt, «The Emerging VITAL Workbench,» 1993.
- [6] J. Angele, D. Fensel y R. Studer, «Domain and Task Modeling in MIKE,» 1996.
- [7] G. T. Schreiber y H. Akkermans, *Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology*, MIT Press, 2000.
- [8] D. C. Brown, «Problem Solving Methods: Past, Present, and Future,» *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, vol. 23, nº Special Issue 04, pp. 327--329, 10 2009.
- [9] A. Newell, «The Knowledge Level,» *Artif. Intell.*, vol. 18, pp. 87-127, 1982.
- [10] W. J. Clancey, «Heuristic classification,» *Artif. Intell.*, vol. 27, pp. 289--350, dec 1985.
- [11] J. McDermott, «Preliminary Steps toward a Taxonomy of Problem-Solving Methods,» pp. 149-169, 1993.
- [12] B. Chandrasekaran, "Generic tasks in knowledge-based reasoning: a level of abstraction that supports knowledge acquisition, system design and explanation," 1986.
- [13] V. R. Benjamins, D. Fensel y B. Chandrasekaran, «PSMs do IT! - Summary of track on Sharable and Reusable Problem-Solving Methods of the 10th KAW96, Banff, Canada».
- [14] P. Beys, V. R. Benjamins y G. v. Heijst, «Remedying the Reusability - Usability Tradeoff for Problem-Solving Methods,» 1996.
- [15] E. Motta, D. Rajpathak, Z. Zdrahal y R. Roy, «The Epistemology of Scheduling Problems,» 2002.
- [16] A. Rodríguez-Rodríguez, J. T. Palma-Méndez and F. Quintana-Domínguez, "Experiences in Reusing Problem Solving Methods: An Application in Constraint Programming," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2774, pp. 1299-1306, 2003.
- [17] M. J. O'Connor, C. Nyulas, S. Tu, D. L. Buckeridge, A. Okhmatovskaia and M. A. Musen, "Software-engineering challenges of building and deploying reusable problem solvers," *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, vol. 23, no. Special Issue 04, pp. 339--356, 10 2009.
- [18] A. Rodríguez-Rodríguez, G. Martel-Rodríguez, M. Márquez-Marfil y F. Quintana-Domínguez, «A Practical Experience on Reusing Problem-Solving Methods for Assessment Tasks,» de *Computer Aided Systems Theory - EUROCAST 2015: 15th International Conference, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, February 8-13, 2015, Revised Selected Papers*, Springer International Publishing, 2015, pp. 195-202.
- [19] «Drupal,» [En línea]. Available: <https://www.drupal.org/>. [Último acceso: 12 2 2016].
- [20] jBoss, «Drools,» RedHat, [En línea]. Available: <http://www.drools.org/>. [Último acceso: 12 2 2016].

Una forma de democratización del acceso hacia la información. Análisis de casos representativos.

One way to democratize access to information. Analysis of representative cases.

Clara Elena Robayo Valencia

Mónica Hinojosa Becerra

Universidad Nacional de Loja

Departamento de Comunicación Social

Loja, Ecuador

clara.robayo@unl.edu.ec, monica.hinojosa@unl.edu.ec

Isidro Marín Gutiérrez

Universidad Técnica Particular de Loja

Departamento de Comunicación Social

Loja, Ecuador

imarin1@utpl.edu.ec

Resumen — En la actualidad, se tiene un crecimiento inmanejable de datos. La legislación para el libre acceso a la información está en desarrollo. Desde el periodismo, nacen reportajes en donde se presentan grandes cantidades de datos de una forma resumida y didáctica con visualizaciones, infografías, mapas, entre otros. Este formato toma el nombre de Periodismo de Datos. Al tener tal apertura y acceso a información los periodistas permiten la participación de la audiencia.

Palabras Clave - periodismo de datos; apertura de información; open data; datos.

Abstract — In our days we have an unmanageable data. Legislation of free access to information is developing. In journalism there are reports that presents big data amounts in didactic visualizations, infographics, maps, etc. This format is call Data Journalism. By having such us free access to information access to information, journalists are allow to interactive with audience.

Keywords - data journalism; information access; open data; data.

I. INTRODUCCIÓN

El Periodismo de Datos se trata del procesamiento de grandes bases de datos para convertirlas en historias de interés social [12]. El arte de contar historias a través de datos [15]. En América Latina, diarios como *La Nación* de Argentina y en Reino Unido con *The Guardian* son los más destacados de este fenómeno.

En Internet, se promueve un modelo de trabajo que anula el modelo jerárquico de la comunicación. A la par, aparecen modelos de gobierno abierto y de apertura de información. Esta filosofía habla de la transparencia como un elemento fundamental en la administración pública. Así también, como una forma de gobierno, entre autoridades y ciudadanos [1].

Tapia [2] habla de un doble fundamento del periodismo de datos. Uno es crear historias a partir de la información que se obtiene y el otro la creación de bases de datos para que se puedan utilizar a futuro. Es decir, se promueve la apertura de información, pero ¿Se da paso a la construcción colectiva de conocimiento? ¿Cómo afecta esto a la interactividad?

El presente trabajo pretende medir el nivel de interactividad que puede generar este tipo de productos periodísticos entendiéndolo también como elemento distintivo el uso de la información abierta, ¿el papel del usuario evoluciona? Se verá si el Periodismo de Datos permite o no la construcción de nuevo conocimiento accesible para la audiencia.

II. PERIODISMO DE DATOS

Rogers [3] menciona que se trata de simple periodismo, con una forma diferente de contar la historia; es decir apoyado en la tecnología, números y visualizaciones.

Varios autores hablan de las 3 “uves o V’s” del Periodismo de Datos: variabilidad, velocidad y volumen. Se añade una cuarta “V”, visualización [4]. Se ve entonces que la diferencia está en añadir el contenido visual e interactivo en la historia. Quien lo resume mejor es Crucianelli [5] mediante la siguiente fórmula:

“PI + PP+PPr + PA + PAC + Volumen de Datos +
Visualización Interactiva + Programación: = PdD ó PBD”

Figure 1. Elementos del Periodismo de Datos

PI es periodismo de investigación; PP es periodismo en profundidad; PPr es periodismo de precisión; PA es periodismo analítico; PAC es periodismo asistido por computadora y PdD ó PBD es Periodismo de Datos. Es simple periodismo, por

tanto se vale de todas las herramientas posibles para su objetivo.

Bradshaw elabora lo que citaría Tapia para referirse a la pirámide invertida del Periodismo de Datos. Se empieza con la recolección, luego la limpieza, contexto y combinación para la fase de producción de la información, después se pasa a la fase de comunicar y socializar los datos [2]. El papel del periodista es el de un *disjockey*, que utiliza contenido ya existe y conseguir algo nuevo [6].

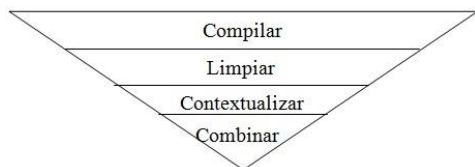


Figure 2. Pirámide invertida de datos [11]

III. ELEMENTOS

Aceso al conocimiento

Si estamos ante el sucesor del periodismo de precisión, se sabe que se va a trabajar con abundante datos numéricos, sobre todo información abierta. Crucianelli [7] habla de dos características para considerar a una información abierta: accesible y reutilizable ¿Qué significa esto?:

- **Accesibilidad** Se refiere a que los formatos en los cuales se presentan se los pueda utilizar y visualizar desde cualquier computador.
- **Reutilizables.** Que se permita modificar y analizar la información, que se utilice para otros propósitos. Por ejemplo, si otro periodista necesita la información de un reportaje de Periodismo de Datos de un diario, no tenga impedimentos para hacerlo. Para esto la licencia de los datos debe ser abierta, no con Copyright [7]. Utilizar licencias Creative Commons en los materiales sería la alternativa [14].

Interactividad

Se explica como el diálogo entre el lector y el usuario [8]. Con el avance de la tecnología este concepto se quedó corto. No se resume solo con la presencia de comentarios. Se dan procesos de enriquecimiento mutuo, en donde ambas partes aportan conocimiento y participan. A esto Cebrián [9] lo llama interactividad abierta. Aunque también existen diálogos en donde el emisor puede tomar el control y direccionar la participación del usuario. A esto se lo llama interactividad cerrada.

El grupo de investigación DigiDoc va más allá y plantea cinco dimensiones para el análisis de la interactividad: comunicación, participación, cooperación, socialización y

acceso al conocimiento. Así, se tiene claro que se valorará el diálogo entre medio y usuario, la presencia de opiniones, la producción de contenido, presencia en redes y la reutilización del material [10].

Autonomía de consumo de información

La autonomía le permite al usuario decidir cómo consumir la información. El Periodismo de Datos puede presentar cuatro productos: artículos basados en datos, visualizaciones interactivas, conjuntos de datos abiertos y aplicaciones de noticias [6]. Las visualizaciones y aplicaciones permiten elegir al usuario qué mirar primero o cómo revisar una investigación. Es decir, puede jugar a combinar rangos de datos con fechas o temáticas, navegar en una *app* de acuerdo a la temática que elija o utilizar los revisar los datos de una forma u otra.

Cada tipo de visualización de un Periodismo de Datos puede contener varios elementos. Por ejemplo: notas aclaratorias, información extra que explique los datos; gráficos, que muestren la evolución de un tema; elementos audiovisuales; e incluso permitir que una persona ingrese nueva información sobre un tema.

IV. METODOLOGÍA

Nuestro objetivo es identificar pautas y tendencias en los medios de comunicación digitales, concretamente en periódicos digitales. También queremos determinar la calidad de la información ofrecida por estos medios de comunicación. Otro objetivo es el de realizar comparaciones entre varios medios.

La metodología utilizada para el análisis propuesto es cuantitativa [13]. Ya que se seleccionó diez reportajes de diarios de Estados Unidos, Guatemala, Costa Rica, Argentina y Ecuador.

Se creó un cuestionario para poder realizar nuestro análisis. Se procedió a utilizar un análisis de contenido con ayuda de una tabla de variables. Las mismas que se han tomado del estudio denominado Interactividad en Cibermedios del Grupo de Investigación DigiDoc [10]. Entendemos que la comunicación, la participación, la cooperación, la socialización y el acceso al conocimiento son para nosotros las dimensiones o aspectos importantes a la hora de estudiar la democratización del acceso a la información. Pero estas dimensiones son poco operativas para analizar los medios y es mejor utilizar indicadores por dimensión (Anexo 1). Así se creó un cuestionario con preguntas de chequeo para la evaluación de diez artículos por periódico digital, permitiendo así observar las diferentes calidades democráticas de los medios. Como se mencionó, nacen cinco dimensiones y de ellas se desprende la Tabla 1 (Anexo 1).

Se trabajó en grupo logrando así que no hubiera diferencias en la interpretación del cuestionario. Este cuestionario se puede utilizar posteriormente con otros artículos y otros medios logrando replicar esta investigación.

Se trata de una muestra intencional y heterogénea, que no pretende que sea estadísticamente representativa, sino que utiliza artículos de seis periódicos digitales durante el proceso de investigación 2011-2015. Concretamente se han utilizado 10

artículos del *The New York Times* de Estados Unidos; 10 artículos de *The Guardian* de Inglaterra; 10 artículos de *Plaza Pública* de Guatemala; 5 artículos de *La Nación* de Argentina y 5 artículos de *La Nación* de Costa Rica y 10 artículos de *El Comercio* de Ecuador. La selección de estos periódicos fue por el prestigio y diversidad de cada uno de ellos por parte de los investigadores.

La operacionalización se ha llevado a cabo definiendo cinco bloques que agrupan las variables estudiadas (Anexo I). Dentro de cada uno de estos bloques se han planteado una serie de preguntas (o chequeos) con diversos formatos de respuesta, incluyendo: respuesta abierta; respuesta cerrada; listas cerradas; ranking y batería de preguntas empleando la escala Likert.

La intención de cada una de las cuestiones planteadas ha sido la de facilitar información sobre una variable específica para posteriormente analizarla cualitativamente. En su mayor parte el cuestionario se basa en preguntas cerradas chequeadas por los investigadores.

V. ANÁLISIS

Los medios seleccionados para el análisis son: *The New York Times*, *The Guardian*, *Plaza Pública*, *La Nación* de Argentina y de Costa Rica y *El Comercio* de Ecuador.

The New York Times es un periódico publicado en la ciudad de Nueva York por Arthur Ochs Sulzberger Jr., que se distribuye en los Estados Unidos y muchos otros países. Desde su primer Premio Pulitzer, en 1851, hasta 2012, el periódico lo ha ganado 108 veces. El diario es considerado el diario por excelencia de los Estados Unidos. *The New York Times* es un diario que crea opinión y que muchos lectores toman como referencia. Es considerado el periódico-hemeroteca por excelencia. El periódico es actualmente propiedad de *The New York Times Company*. Su web es <http://www.nytimes.com>

The Guardian es un periódico británico propiedad de Guardian Media Group. Se publica de lunes a sábado en formato berlinés. Hasta 1959 fue llamado *The Manchester Guardian*. Tiene su base en Londres desde 1964, anteriormente lo tenía en Manchester. Los editoriales de este periódico suelen ser de tendencias izquierdistas. El sitio web del periódico ha recibido numerosos galardones y reconocimientos, tales como los premios Webby; Eppy; Mejor Diario online y un galardón en 2007 por ser el "diario más transparente", otorgado por la Universidad de Maryland en Estados Unidos. Su web es <http://www.theguardian.com/>

Plaza Pública es un medio online de análisis, investigaciones y debates desde Ciudad de Guatemala. Fue fundado en el 2011 por la Universidad Rafael Landívar. Se enfoca en las causas y efectos de la desigualdad, la inequidad y las dinámicas que atentan contra la dignidad de las personas. Financiado con presupuesto de la universidad. Buscan contar las injusticias cometidas por los poderes guatemaltecos. *Plaza Pública* es uno de los diez medios fundadores de la asociación ALIados, de medios online "que se identifican con los más altos estándares de calidad profesional, la transparencia de procedimientos, la independencia de criterio respecto de poderes políticos y económicos, y la rigurosidad fáctica". *Plaza Pública* es miembro de la Global Investigative Journalism Network. Su web es <https://www.plazapublica.com.gt/>

La Nación es un diario matutino editado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, de circulación nacional y líder en el pensamiento liberal-conservador del país. Fue fundado por Bartolomé Mitre y se publicó por primera vez en 1870. De formato "sábana", el diario tiene una tirada promedio de 160.000 ejemplares de lunes a sábados y 250.000 los domingos. El diario *La Nación*, de tendencia liberal y conservadora, ha sido la vía de expresión de sectores afines a la Iglesia Católica, a las Fuerzas Armadas y a los grandes productores agropecuarios del país. Pero por sus columnas y notas de opinión han pasado personalidades de distintas ideas políticas. Su web es <http://www.lanacion.com.ar/>

La Nación también es el nombre de un periódico de circulación diaria publicado en San José, Costa Rica. La edición digital de *La Nación* comenzó a crearse en 1994 y en 1995 salió la primera versión electrónica. La edición se ha ido desarrollando y hoy cuenta también con información exclusiva que no tiene la versión impresa (por ejemplo, videos y audio). En 1993 *La Nación* se convirtió en la primera entidad privada con acceso a Internet en Costa Rica y en una de las pioneras en Centroamérica. En 1995 pasa a ser el primer periódico centroamericano en crear su versión en Internet. Según el índice Alexa, en el 2013 el sitio web de *La Nación* fue la página más visitada entre las creadas en Costa Rica y ocupaba el 7º lugar en general entre todos los sitios visitados desde este país. *La Nación* ha sido el único diario centroamericano que seleccionado por Google para digitalizar gratuitamente su archivo histórico y ponerlo a disposición de sus lectores. *La Nación* comenzó a comercializar su edición electrónica en el 2013. Su web es www.nacion.com

El Comercio es un diario matutino ecuatoriano fundado en 1906 por los hermanos César Mantilla Jácome y Carlos Mantilla Jácome y publicado en la ciudad de Quito. Este periódico es actualmente el más grande de la ciudad y uno de los más importantes del país. Es editado por Grupo El Comercio. En el 2005 el grupo lanzó su diario digital, que en cerca de 10 años ha alcanzado la mayor cantidad de suscriptores registrados en comparación con otros medios de información local. El sitio digital de *El Comercio* de Ecuador publica información actualizada en tiempo real de Quito, Guayaquil, Cuenca y de las 24 provincias del país. Además, trae historias de los ecuatorianos en el mundo y temas de coyuntura global. También incluye contenidos de deportes y de entretenimiento. Se constituye en la actualidad el medio con más interacción con la comunidad. La fortaleza del sitio es el desarrollo tecnológico al servicio del periodismo, que ha permitido crecer en producción multimedia de video, audio, *storytelling*, *crowdsourcing*. Asimismo, es el único medio que trabaja en periodismo de datos en Ecuador. Su web registra en promedio cuatro millones de visitantes únicos y más de 20 millones de páginas vistas al mes, según los datos de Digital Analytics Comscore. El sitio se encuentra entre los ocho portales webs más importantes de Ecuador, según Alexa.com. Desde su fundación, *El Comercio* ha recibido numerosos premios internacionales debido a su calidad de impresión y diseño.

En el Anexo 2 y se encontrará la lista de los casos seleccionados.

Comunicación

Los diarios analizados no le dan a su audiencia datos para contactarlos en un 90%. A pesar de que todos ellos cuentan con correos y presencia en redes sociales. Sin embargo, 80% dan el nombre del reportero que elaboró el material pero solo un 2,5% ponen los datos de contacto de su cuenta de Twitter y el 24% del correo. Es decir, no buscan un diálogo con su audiencia, recibir opiniones sobre el material presentado. Son los medios latinoamericanos como *La Nación* de Argentina y *El Comercio* de Ecuador los que hacen constar el correo para los contactos. Se comprobó que cada medio tiene sus cuentas en algunas redes. Le obligan a un doble trabajo a la audiencia, pues ésta tiene que buscar cómo contactar al medio para expresarle sus opiniones a pesar de que la tecnología puede evitar este proceso.

Participación

Se confirma que los medios no quieren incentivar la participación de su audiencia. Solo un 40% coloca una sección de comentarios en el reportaje. En los casos estudiados, una de las formas más usadas para presentar la información son visualizaciones, con un 60%. Quienes no las escogen emplean artículos con tablas interactivas. Éstas, al igual que las visualizaciones, proponen un nivel de interactividad cerrada. Además, al cruzar las dos variables: autonomía de consumo y tipo de reportaje, las visualizaciones le dan al usuario la posibilidad de decidir cómo leer el material. Quien construye el discurso solo ve a la audiencia como receptora. En ningún reportaje se ofrece la posibilidad de subir información sobre el tema, aunque solo sea texto.

Cooperación

El estudio arrojó que con 90% se cita a las fuentes de donde se obtuvo la información. En unos casos de forma más visibles que otras, 44% se le permite al usuario conocer la *url* de la fuente mediante enlaces. Aunque solo un 22% ofrece la posibilidad de acceder a las bases de datos originales. A su vez, el 33% le ofrecen la alternativa de revisar documentos externos, 44% escuchar los testimonios de las fuentes y 22% revisar fragmentos de las entrevistas. Es decir, no se le ofrece al usuario los materiales originales con los que trabajó el periodista. Hay un limitado acceso a las bases de datos. En ninguno de los casos se vio que se recomiende alguna base de datos relacionada con el tema a la audiencia.

Socialización

Todos los casos analizados ofrecen al usuario la opción de compartir la información por redes sociales. Así el medio utiliza al usuario como un receptor y promotor de su trabajo. Solo *El Comercio* de Ecuador le da la posibilidad de calificar el estado de ánimo que le produce la noticia.

Acceso al Conocimiento

Aparte de la poca participación que pueden tener los usuarios, el acceso al material producido por el medio está protegido con derechos de autor. Solo el 20% de los reportajes consultados utiliza una licencia Creative Commons. El 80% tienen los derechos reservados, a pesar de que en casos como *El Comercio* de Ecuador, trabajan con información pública. Las licencias Creative Commons son las que permiten la

modificación y reutilización, pues solo un 20% de los casos establece claramente que se lo puede hacer. Sin embargo, 62,5% de los casos que utilizan el Copyright permiten al usuario descargar el material.

El 90% de los casos permiten visualizar el material en cualquier computadora. Esto se debe a que se utilizan reproductores HTML5. El 10% todavía utiliza *Flash* que en algunos dispositivos como *tablets*, celulares o computadores con distribuciones de Linux no puede visualizarse correctamente.

VI. CONCLUSIONES

Se nota que a pesar de que el Periodismo de Datos promueve el acceso abierto a la información, en los casos revisados, no se le permite al usuario contribuir. No se le da opción de subir contenido relacionado con el tema o se le da acceso a las bases de datos con las que trabajó el medio. *The Guardian* y *la Nación* de Argentina, promotores de este tipo de formato, sí dan el acceso a bases de datos.

La licencia Creative Commons no es utilizada dentro de los reportajes, que sería una forma de construir más conocimiento del tema investigado por los periodistas.

A pesar de que Internet transforma el modelo de comunicación y promueve la aparición de prosumidores, en los reportajes analizados se ve al usuario como consumidor del contenido. Se le da la libertad de elegir cómo consumir el contenido al usuario. Pero se le niega la posibilidad de utilizarlo, modificar o corregirlo. Tampoco se le da acceso completo a los recursos utilizados. En ningún reportaje analizado se indica en dónde se puede consultar las entrevistas completas que se hicieron. Se le brinda acceso a fragmentos de lo que el medio utilizó.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Nacional de Loja (UNL) por la ayuda prestada en la realización de la investigación. Asimismo, agradecemos a los revisores del manuscrito las aportaciones realizadas en la elaboración del texto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Ferrer, M. Peset & R. Benavent, R.. "Acceso a los datos públicos y su reutilización". *El profesional de la Información*, 20(3), pp.260-269, 2011.
- [2] A. Tapia, *Big data y Periodismo de Datos*. Madrid:UNIR. Recuperado de: <http://goo.gl/YX3njV>, 2014.
- [3] S. Rogers, *Facts ara Sacred*. Londres, Faber & Faber, 2013.
- [4] M. Tascón, "Introducción: Big Data. Pasado, presente y futuro". *Telos: Cuadernos de comunicación e innovación*, 95, pp. 47-50, 2013.
- [5] S. Crucianelli, *Periodismo de datos: lo bueno, lo malo y lo feo*. *lanaciondata.com*, junio: <http://goo.gl/Brxjzn> (Consulta: 10 noviembre 2012).
- [6] S. Crucianelli, *Herramientas digitales para periodistas*, Buenos Aires: Knight International Journalism Fellow, 2013.
- [7] S. Crucianelli, *El Movimiento Open Data en el Mundo*. Buenos Aires: Knight International Journalism Fellow, 2013.

- [8] S. Goldenberg, "La interactividad: el desafío pendiente del periodismo online". Cuadernos de información, 18, 10. Recuperado de <http://goo.gl/37XhqA> , 2005.
- [9] M. Cebrián, La radio en Internet. Buenos Aires: La Crujía, 2008
- [10] J. Linares, L. Codina & R. Pedraza, Interactividad en Cibermedios. Propuesta nuclear de protocolo de análisis. Barcelona: Serie Editorial DigiDoc- Universitat Pompeu Fabra. Recuperado de <https://goo.gl/apMcbj> , 2015
- [11] P. Bradshaw, "The inverted pyramid of data journalism". Online Journalism Blog. 7. Recuperado de: <http://goo.gl/kmZxHO> , 2011.
- [12] P. Bradshaw, "What is Data Journalism?" en Gray, J., Bounegru, L., Chambers, L. (Eds.). The Data Journalism Handbook, London: European Journalism Centre and the O'Reilly Media. <http://goo.gl/NMAqKy> , 2012
- [13] H. Fallas, H. Entrevista con una Base de Datos. Manual de Periodismo de Datos Iberoamericano. Poderomedia, pp.574-719, 2014.
- [14] S. López Urrutia, "Hacia un periodismo libre y de código abierto", *El Diario*. Recuperado de: <http://goo.gl/v5Owka> , 2013/02/13.
- [15] M. Hinojosa, C. Robayo y M. Maldonado. Los inicios del periodismo digital. EAE, 2016. Recuperado de <https://goo.gl/vNskpV>

TABLE I. VARIABLES DE ANÁLISIS

<i>Dimensiones</i>	<i>variables</i>
1. Comunicación	Diálogo entre medio y usuario.
	1.1 Contacto a través de correo con el medio
	1.2 Contacto con el medio a través de redes sociales
	1.2.1 Facebook
	1.2.2 Twitter
	1.3 Créditos de los elaboradores
	1.3.1 Correo
	1.3.2 Redes sociales
2. Participación	Participación del usuario en el reportaje
	2.1 Existen comentarios
	2.2 Autonomía de consumo de información
	2.3 Acceso a notas aclaratorias
	2.4 Tipo de reportaje
	2.4.1 Artículos basados en datos
	2.4.2 Visualizaciones interactivas
	2.4.3 Conjuntos de datos abiertos
	2.4.4 Aplicaciones de noticias
	2.4 Ingreso información
	2.4.1 Fotos
	2.4.2 Texto
	2.4.3 Audio
	2.4.4 Video
	2.4.5 Datos

<i>Dimensiones</i>	<i>variables</i>
3. Cooperación	Visualización de las fuentes dentro del reportaje
	3.1 Enlaces externos
	3.2 Testimonios de fuentes
	3.3 Entrevistas de fuentes
	3.4 Documentos externos
	3.5 Nombres de la fuente
4. Socialización	3.6 Bases de datos
	Difusión de la información
5. Acceso al conocimiento	4.1 Presencia de redes sociales
	Acceso que tiene el usuario a la información que le presenta el emisor
	5.1 Licencias del material
	5.2 Reutilizable
	5.3 Modificable
	5.4 Descargable
5.5 Visualización desde cualquier computadora	

Anexo 2 - Casos Analizados

The New York Times

Nytimes.com (2012). The Toughest Vault for Female Gymnasts. Recuperado de <http://goo.gl/xhKyCg>

Nytimes.com (2012). One Race, Every Medalist Ever. Recuperado de <http://goo.gl/S6hkzU>

Nytimes.com (2012). Bob Beamon's Long Olympic Shadow. Recuperado de <http://goo.gl/N9k7gx>

Nytimes.com (2012). Racing Against History. Recuperado de <http://goo.gl/bsQd0Y>

Nytimes.com (2012). One Race, Every Medalist Ever. Recuperado de <http://goo.gl/i8d8Yp>

Nytimes.com (2012). Leap Three Stories, Impress Judges. Recuperado de <http://goo.gl/v183NQ>

Nytimes.com (2012). Interactive Graphic: Lolo Jones, Cleared for Takeoff. Recuperado de <http://goo.gl/pbMZTt>

Nytimes.com (2012). A Simple Bicycle Race. Recuperado de <http://goo.gl/0zi5At>

Nytimes.com (2012). One With The Water. Recuperado de <http://goo.gl/1Afrd9>

Nytimes.com (2012). Gabby Douglas's Balance Beam Dismount. Recuperado de <http://goo.gl/rv0TNB>

The Guardian

Procter, R., Vis, F., & Voss, A. (2011). *How riot rumours spread on Twitter*. The Guardian. Recuperado de <http://goo.gl/oasIFm>

The Guardian (2011). *How riot rumours spread on Twitter*. Recuperado de <http://goo.gl/IMck9Z>

The Guardian (2011). *Rioters attack London zoo and release animals*. Recuperado de <http://goo.gl/sDrTpD>

The Guardian (2011). *Rioters cook their own food in McDonald's*. Recuperado de <http://goo.gl/WKAbbH>

The Guardian (2011). *Police 'beat a 16-year-old girl'*. Recuperado de <http://goo.gl/ebAWgg>

The Guardian (2011). *London Eye set on fire*. Recuperado de <http://goo.gl/9SAUe4>

The Guardian (2011). *Rioters attack a children's hospital in Birmingham*. Recuperado de <http://goo.gl/kyvWkA>

The Guardian (2011). *Army deployed in Bank*. Recuperado de <http://goo.gl/TOn8ur>

The Guardian (2011). *Miss Selfridge set on fire*. Recuperado 1 February 2016, a partir de <http://goo.gl/0Oybwu>

Plaza Pública

Alpírez, A & Mejía, D. (2015). El mercado de la publicidad oficial que administró Francisco Cuevas. Recuperado de <http://goo.gl/YIPf8L>

Baires Quezada, R. (2014). Contadores y Auditores: los electores y los elegidos. Recuperado de <http://goo.gl/kiPZmv>

Baires Quezada, R. (2014). ¿Reducción o estancamiento de las cifras de los homicidios?. Recuperado de <http://goo.gl/3mNfXJ>

Baires Quezada, R. (2014). En Guatemala hay un arma por cada 25 habitantes. Recuperado de <http://goo.gl/4ggZ7A>

Baires Quezada, R. (2014). Diez años de muertes violentas en Plaza pública Guatemala. Recuperado de <http://goo.gl/WAuVmt>

Gamazo, C & Pérez, N. (2014). El paso a paso de los campesinos antes del fuego. Recuperado de <http://goo.gl/iTPXpX>

Villatoro García, D. (2015). Guatemala sube 25 puestos en clasificación mundial sobre equidad de género. Recuperado de <http://goo.gl/CsOcWv>

Villatoro García, D. (2015). ¿Y si ganaras el salario mínimo, qué comerías?. Recuperado 1 February 2016, a partir de <http://goo.gl/0TYyhn>

Villatoro García, D. (2014). Guatemala, el segundo país del mundo donde mueren más jóvenes por violencia. Recuperado de <http://goo.gl/vKTIW6>

Villatoro García, D. (2014). Los otros juicios por genocidio. Recuperado 1 February 2016, a partir de <http://goo.gl/tBHbsk>

La Nación de Costa Rica y Argentina

Delgado, D. & Rojas, R. (2013). Geografía del crimen - Investigación - La Nación. Recuperado de <http://goo.gl/OJkBeq>

Robles, P & Hernández, M. (2015) Menos niños en las aulas. Recuperado de <http://goo.gl/sUf3Jf>

Fallas, H. (2015). Importación de Vehículos - Especial de Data La Nación. Recuperado de <http://goo.gl/mJJYCs>

Bertozi, M. (2015). 19.000 hombres en Costa Rica asumen solos crianza y educación de sus hijos. Recuperado de <http://goo.gl/A10xrN>

Agüero, M. (2015). Cerro Wikipedia: la empresa que unió a Li con la política. Recuperado de <http://goo.gl/NL6Byy>

La Nación (2015). Debate presidencial: hallazgos discursivos. Recuperado de <http://goo.gl/lqME9g>

Fernández, F. (2015). Laberinto de postulantes a presidente y a gobernador. Recuperado de <http://goo.gl/2C4cWz>

Zommer, L. (2015). Massa, el más concreto en sus propuestas. Recuperado de <http://goo.gl/lzI81o>

La Nación. (2015). ¿Cómo se distribuyeron los votos a Horacio Rodríguez Larreta en las diferentes comunas? Recuperado de <http://goo.gl/W3FwAO>

Tomino, P. (2015). Pro se impuso en 771 de las 776 escuelas de la ciudad. Recuperado de <http://goo.gl/xfS4AZ>

El Comercio – Ecuador

El Comercio (2015). Alimentos, tarifas de transporte y artículos del hogar se encarecieron al cerrar el semestre en Ecuador. Recuperado de <http://goo.gl/28KJNY>

El Comercio (2015). El precio de los autos subió hasta en 53% en siete años. Recuperado de <http://goo.gl/9DnCuY>

Quiroz, G. (2015). Los ecuatorianos acceden a 64 países sin visa, los estadounidenses a 147. Recuperado de <http://goo.gl/Y8bBIs>

Quiroz, G. (2015). El planeta entró en déficit ecológico para el 2015 por gasto de recursos. Recuperado de <http://goo.gl/IMAUQ7>

Quiroz, G. (2015). 26 ministros y secretarios de Ecuador pueden llegar en 30 minutos a la Plaza Grande. Recuperado de <http://goo.gl/jXSX7e>

Quiroz, G. (2015). 3,8 millones de personas tienen empleos inadecuados en Ecuador. Recuperado de <http://goo.gl/c6pkh3>

Maldonado, P y Quiroz, Q. (2015). Ecuador está exportando menos productos industrializados. Recuperado de <http://goo.gl/M8EiTR>

Orozco, M y Ramírez, S. (2015). USD 415,8 millones de fondos privados pasaron a la gestión del BIESS. Recuperado de <http://goo.gl/g3izNv>

Orozco, M. (2014). La mayoría de mujeres está subempleada. Recuperado de <http://goo.gl/R8miJ5>

Mapeamento Conceitual como ferramenta de comunicação de requisitos judiciais

Conceptual mapping as a communication tool of legal requirements

Luiz Gustavo Ferreira Aguiar,
Rebeca Teodoro da Silva

Programa de Pós-Graduação em Informática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, Brasil

lgfaguiar@hotmail.com, rebeca.teodoro@gmail.com

Elias Canhadas Genvigir,

José Augusto Fabri

Programa de Pós-Graduação em Informática
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, Brasil

elias@utfpr.edu.br, fabri@utfpr.edu.br

Resumo — A elicitação de requisitos é a fase do desenvolvimento de sistemas crucial para o sucesso do projeto. É primordial que a equipe de desenvolvimento possua ferramentas que auxiliem na comunicação e negociação com os *stakeholders*. A área jurídica possui um grande volume de informações e uma linguagem própria e peculiar que pode prejudicar o processo de comunicação entre a equipe de desenvolvimento e os *stakeholders*. Este trabalho investiga o uso de Mapas Conceituais como ferramenta para modelagem conceitual do domínio jurídico, considerando as complexidades e peculiaridades da área. Dois experimentos são realizados, com desenvolvedores de sistema e com especialistas da área jurídica, respectivamente, para analisar o uso de mapas conceituais dentro deste contexto. Como resultados, verifica-se que os Mapas Conceituais proporcionam melhor compreensão com relação às informações conceituais do contexto jurídico, indicando a viabilidade de seu uso para aprimorar o processo de elicitação de requisitos para softwares da área.

Palavras Chave – Engenharia de Requisitos, Modelagem Conceitual, Contexto Jurídico, Domínios Específicos, Evolução de Software.

Abstract — Requirements elicitation is a important task for success on project of systems development. It is essential that the development team has tools that assist in communication and negotiation with stakeholders. The Juridical Domain-Specific has a large volume of information and its own peculiar language that can harm the process of communication between the development team and stakeholders. This work investigates the use of concept maps as a tool for conceptual modeling of the juridical domain, considering the complexities and peculiarities of the domain. Two experiments are performed with system developers and legal experts, respectively, to analyze the use of concept maps within this context. As result, there is the concept maps provide better understanding regarding the conceptual legal framework, indicating the feasibility of its use to improve the process for defining requirements for the juridical domain.

Keywords - Requirements Engineering, Conceptual Modeling, Juridical Context, Domain-Specific, Software Evolution.

I. INTRODUÇÃO

A Engenharia de Software têm apresentado um aspecto social, incluindo processos de concepção participativos [1], de forma que a participação dos usuários é vista como um elemento chave para a concepção de um software [2]. O sucesso de um software é produto das mudanças providas de requisitos de desenvolvimento, tecnologias, bem como do conhecimento dos *stakeholders* [3]. Essas mudanças constituem o princípio básico da evolução de um software, sendo abordadas de duas formas: (1) preventiva – onde é possível antecipar-se e preparar-se para o óbvio; (2) reativa – onde enfrenta-se mudanças inesperadas; sendo essa última essencial para a prática da evolução do software, necessitando de ferramentas de metodologias [4].

A forma como o direito é escrito pode criar uma barreira para a sua compreensão, ao ponto dos textos legais até parecerem escritos em língua estrangeira [5]. A Hermenêutica Jurídica é a disciplina responsável pelo estudo para determinar o sentido das expressões contidas nas normas jurídicas. Para a hermenêutica, a interpretação de leis torna-se mais completa quando passa a considerar outros elementos além dos linguísticos em seus textos [6].

Atualmente, para sistemas no domínio jurídico, os requisitos de evolução são efetuados em linguagem natural [7]. Algumas abordagens e ferramentas foram introduzidas nos últimos anos, porém, concentram-se em aspectos específicos, resolvendo parcialmente os problemas, não sendo adequados para a elicitação de requisitos legais [8]. Devido às ambiguidades constantes em textos legais, o processo de requisitos é realizado de forma *ad hoc* e propenso a erros [9]. Um modelo conceitual das leis e textos legais pode atuar como um orientador para a representação dos requisitos [10].

O mapeamento conceitual é uma técnica conhecida pela sua facilidade de uso e rápida implementação. Os Mapas Conceituais [11] estabelecem uma estrutura hierárquica

baseada em conceitos, que permite ganho cognitivo e facilita a compreensão. O presente trabalho investiga a capacidade dos mapas conceituais em representar informações do contexto jurídico para o desenvolvimento de software, no nível de comunicação entre os operadores do direito e os engenheiros de software. Dois experimentos foram realizados, para análise da compreensão dos mapas conceituais, com conceitos próprios da área jurídica, para desenvolvedores de software e para operadores do direito (especialistas do domínio e usuários de sistemas de software).

Este artigo está organizado da seguinte forma: nesta seção, o conceito e contexto acerca das ambiguidades em requisitos jurídicos foi apresentado; na seção II, o experimento realizado com foco em desenvolvedores de software é apresentado e discutido; a discussão sobre o experimento realizado com os usuários e especialistas do domínio estão na seção III; por fim, na seção IV, são apresentadas considerações sobre o presente trabalho e trabalhos futuros.

II. EXPERIMENTO I – DESENVOLVEDORES DE SOFTWARE

O objetivo principal do Experimento I foi avaliar a viabilidade do uso de Mapas Conceituais para a notação de requisitos de software da área jurídica permitindo aos desenvolvedores de sistema uma correta compreensão.

A. Definição das Hipóteses e Descrição do Experimento

Com a finalidade de avaliar suposições, podemos realizar um experimento. A principal finalidade de um experimento é avaliar uma teoria através de testes de hipóteses [12].

Formulou-se como hipóteses para este experimento:

H_0 = A notação de conceitos no contexto jurídico em Mapas Conceituais não produz compreensão significativa para desenvolvedores de sistemas;

H_1 = A notação de conceitos do contexto jurídico em Mapas Conceituais produz compreensão correta significativa para desenvolvedores de software.

Formuladas as hipóteses, é necessário definir o escopo do experimento. Este trabalho será realizado forma de um experimento em laboratório *in vitro*, onde as variáveis e as condições do ambiente serão controlados. Serão utilizados como sujeitos neste experimento, alunos do curso de desenvolvimento de sistemas para a internet. As condições para que participem do experimento é que possuam conhecimentos básicos de engenharia de software e desenvolvimento de sistemas consolidado, e ainda que não

possuam contato prévio com a área, ou com os conceitos da área jurídica.

Os alunos serão apresentados a um Mapa Conceitual com conceitos da área jurídica em sala de aula. A compreensão individual será coletada através do preenchimento de questionários. Todo o experimento será acompanhado e validado por 3 pesquisadores da área de Engenharia de Software.

B. Execução do Experimento

Primeiramente, um mapa conceitual, registrando conceitos básicos sobre um Mandado Judicial, na parte operacional, foi elaborado, e validado com três profissionais da área (um escrivão, um oficial de justiça e um técnico judiciário encarregado de movimentações de mandados judiciais). O mapa conceitual construído é apresentado na Figura 1.

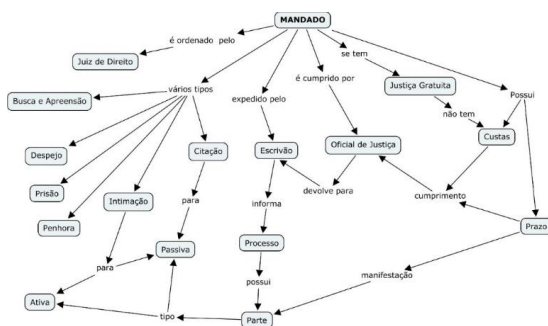


Figura 1. Mapa Conceitual expressando conceitos de um Mandado Judicial

Com base no mapa conceitual elaborado, um questionário com cinco questões objetivas de múltipla escolha foi criado, com o objetivo de avaliar o conhecimento transmitido pelo mapa, e o grau de convicção ao qual foi fornecida a resposta, através de uma escala Likert de 5 níveis. O questionário foi previamente testado junto a quatro profissionais da área de engenharia de software, caracterizando uma abordagem aproximada de 20% da amostra do experimento.

O questionário foi aplicado em sala de aula a uma turma do último período de um curso desenvolvimento de sistemas para a Internet de uma instituição pública federal de ensino, no início do mês de abril de 2014. As respostas foram coletadas via formulário digital usando os recursos do *Google Docs*.

C. Análise de dados e resultados

Os resultados obtidos em resposta ao questionário são apresentados na Tabela I.

TABELA I. RESULTADOS OBTIDOS COM A EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO I

QUESTÃO	RESPOSTAS CORRETAS		RESPOSTAS ERRADAS	
	%	Grau de Certeza	%	Grau de Certeza
Um Mandado Judicial é expedido por	43	4,34	57	4,17
Com relação as custas para cumprimento do Mandado Judicial é correto afirmar que	76	4,13	24	3,4
Um Mandado de Citação é expedido para que o Oficial de Justiça informe	62	4	38	3,5
Não é um tipo de Mandado Judicial	86	4,5	14	3,67
Quem informa o cumprimento de um Mandado Judicial no processo	43	4,67	57	4,17
Total/Média	62	4,33	38	3,78

Os resultados demonstram um resultado positivo, vez que o percentual de acertos foi superior ao das repostas erradas, aliado a um grau de certeza também superior, indicando que os alunos responderam corretamente as questões o fizeram baseados numa leitura do mapa conceitual que os deixou seguros no momento de indicar sua resposta. No entanto, os alunos que responderam incorretamente as questões o fizeram com uma convicção inferior aos que indicaram as repostas corretas.

Com relação ao tempo gasto pelos participantes para interpretar o mapa conceitual e responder as questões, em sua grande maioria foi indicado um tempo médio de até 5 minutos, o que indica que o mapa conceitual foi de fácil compreensão, vez que em tal perspectiva, os participantes levaram um tempo médio de um minuto para responder cada questão. Tais dados são expostos pelo gráfico apresentado pela Figura 2.

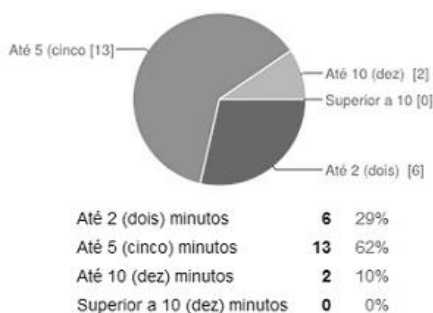


Figura 2. Tempo de resposta do questionário (gerado pelo Google Docs)

Com base nos dados apresentados, pode-se observar uma compreensão significativa dos conceitos jurídicos pelos alunos, refutando assim a hipótese H_0 . Ao mesmo tempo, com base nos dados que a média de acertos foi superior à 50%, confirma-se a hipótese H_1 , de forma que pode-se concluir com o experimento que a notação de conceitos judiciais em Mapas Conceituais produzem uma compreensão correta significativa para desenvolvedores de sistema.

III. EXPERIMENTO II – ESPECIALISTAS DOS DOMÍNIO E USUÁRIOS

O objetivo principal do Experimento II foi avaliar se é possível usar os Mapas Conceituais, produzido por desenvolvedores de sistemas, como ferramenta de modelagem conceitual do domínio jurídico, que seja de fácil compreensão pelos usuários e especialistas do domínio, respeitando e representando corretamente as peculiaridades da área.

A. Definição das Hipóteses e Descrição do Experimento

Formulou-se como hipóteses para este experimento:

$H_0 = A$ notação de conceitos no contexto jurídico em Mapas Conceituais por desenvolvedores de sistema não produz compreensão significativa para usuários e especialistas do domínio;

$H_1 = A$ notação de conceitos do contexto jurídico em Mapas Conceituais por desenvolvedores de sistema produz compreensão correta significativa para usuários e especialistas do domínio.

Fomuladas as hipóteses, é necessário definir o escopo do experimento. Este trabalho será realizado forma de um experimento em laboratório *in vitro*, onde as variáveis e as condições do ambiente serão controlados. Serão utilizados como sujeitos neste experimento, alunos de graduação em direito. As condições para que participem do experimento é que não possuam conhecimentos prévios acerca de modelagem conceitual.

Os alunos serão apresentados à um Mapa Conceitual, a ser poduzido por desenvolvedores de sistema, com conceitos da área jurídica em sala de aula. A compreensão individual será coletada através do preenchimento de questionários. Todo o experimento será acompanhado e validado por 3 pesquisadores da área de Engenharia de Software.

B. Execução do Experimento

A execução do experimento foi realizada em ambiente acadêmico envolvendo alunos de pós-graduação, mestrado em informática.

Tendo em vista a amplitude do domínio jurídico, um texto padronizado na área jurídica foi utilizado como norteador das informações e delimitador de um subdomínio[13].

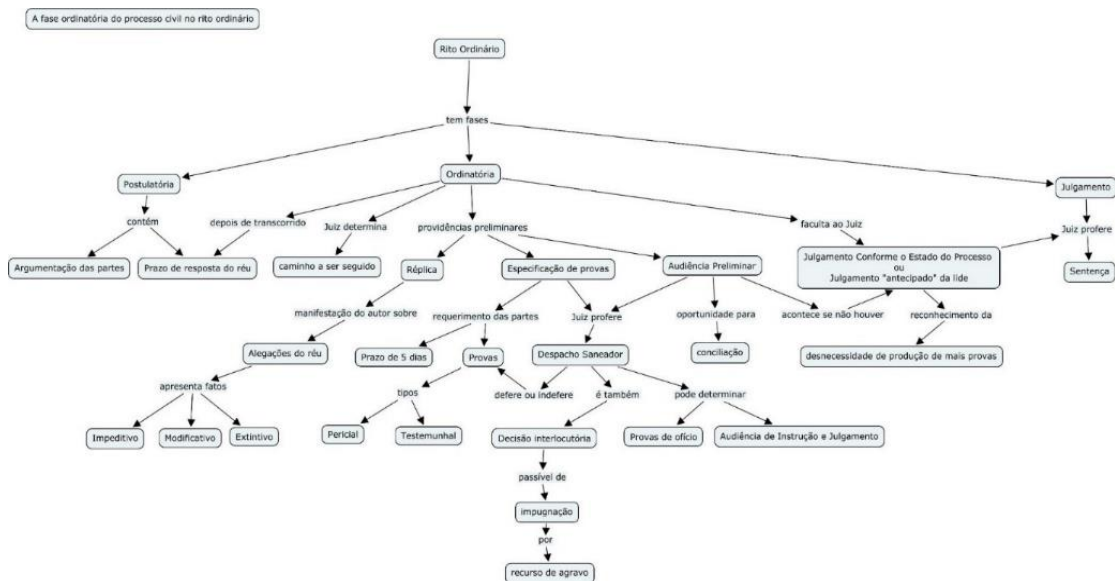


Figura 3. Mapa Conceitual – A fase ordinatória do processo civil no rito ordinário

Um modelo conceitual de referência foi criado com a colaboração de especialistas da área jurídica (Juiz de Direito, técnicos jurídicos, entre outros), visando a garantia de que a modelagem conceitual represente corretamente o subdomínio selecionado.

Os especialistas também formularam um questionário contendo 10 questões objetivas com base no artigo de referência. Após, três alunos da disciplina de Engenharia de Requisitos foram desafiados a realizar uma leitura e análise do artigo de referência e produzem em conjunto um modelo conceitual em mapas conceituais. Há de se ressaltar que os alunos colaboradores não possuíam nenhum prévio contato ou conhecimento acerca do subdomínio. Ao final, os alunos fizeram uma revisão do modelo conceitual produzido com o modelo de referência que havia sido criado, gerando então um modelo conceitual final consolidado, o qual é apresentado na Figura 3.

Na fase final do experimento, o modelo conceitual final foi submetido a leitura de alunos de um curso superior em direito, de uma faculdade particular. Com base em sua leitura, sem nenhuma prévia instrução acerca de modelagem conceitual, os alunos responderam ao questionário que foi produzido, devendo ainda indicar o grau de convicção de suas respostas, segundo a escala de Likert. Ao total, 114 alunos responderam

ao questionário, utilizando um tempo de até 15 minutos para completarem o questionário.

C. Análise dos dados e resultados

As respostas obtidas foram tabeladas para análise. Questionários com ausência de respostas ou preenchimento incorreto foram descartados, resultando em 94 questionários do total de 114, dispostos conforme a Tabela II considerando o período pertencente cada aluno.

TABELA II. ALUNOS CONFORME PERÍODO

Período	Quantidade
Terceiro	27
Quinto	19
Sétimo	27
Nono	21
Total	94

Em 15 questionários, todas as questões foram assinaladas corretamente, tendo a significância de 16% da amostra. Considerando a pontuação apontada pela escala Likert, em função da certeza das respostas, houve uma média de 88% de

certeza nas respostas indicadas, o que indica que os alunos deste grupo realizaram suas respostas com alto grau de convicção da mesma. Outra informação interessante, é que dos 15 questionários, 6 são de alunos do terceiro período, que possuem conhecimentos iniciais acerca do contexto jurídico. Esses dados são retratados pelo gráfico apresentado pela Figura 4.

Analisando as respostas como um todo, independente de período e classificando-as como corretas/erradas, analisando o percentual e o grau de certeza indicado, obtêm-se a perspectiva a qual é apresentada na Tabela III.

TABELA III. RESULTADOS OBTIDOS COM A EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

QUESTÃO	RESPOSTAS CORRETAS		RESPOSTAS ERRADAS	
	Percentual	Grau de Certeza	Percentual	Grau de Certeza
1 – A réplica é a manifestação do autor sobre as alegações do réu. Ela acontece dentro da fase:	68,09%	4,09	31,91%	3,57
2 – A Audiência de Instrução e Julgamento é determinada pelo ato:	60,64%	4,18	39,36%	3,73
3 – O prazo pra que as partes apresentes as provas que pretendem produzir é de:	75,53%	4,04	24,47%	3,35
4 – Não é uma possibilidade dentro da Audiência Preliminar:	59,57%	3,93	40,43%	3,29
5 – A fase ordinatória vem logo após a fase:	69,15%	3,71	30,85%	2,73
6 – O Despacho saneador determina se haverá:	74,47%	4,13	25,53%	2,5
7 – O Julgamento antecipado da lide acontece quando:	69,15%	4,15	30,85%	3,38
8 – A sentença é proferida dentro da fase:	81,91%	4,25	18,09%	3,53
9 – A fase ordinatória se inicia após:	62,77%	3,71	37,23%	3
10 – Na fase ordinatória o Juiz determina:	67,02%	3,97	32,98%	3,26
Total/Média	68,83%	4,016	31,17%	3,234

Os resultados foram positivos, tendo em vista o superior percentual de acertos ao das repostas erradas, aliado a um grau de certeza também superior, indicando que os alunos responderam corretamente as questões o fizeram baseados numa leitura do mapa conceitual que os deixou seguros no momento de indicar sua resposta. No entanto, os alunos que responderam incorretamente as questões o fizeram com uma convicção inferior aos que indicaram as respostas corretas.

Com base em tais observações, pode-se observar uma compreensão significativa dos conceitos jurídicos pelos alunos, refutando assim a hipótese H_0 . Ao mesmo tempo, com base nos dados que a média de acertos foi superior à 50%, confirma-se a hipótese H_1 , de forma que pode-se concluir com o experimento

que a notação de conceitos judiciais em Mapas Conceituais realizada por desenvolvedores de sistema, produzem uma compreensão correta significativa para os usuários e especialistas do domínio.

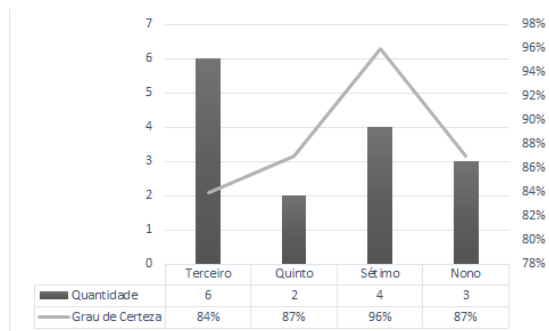


Figura 4. Questionários com todas as respostas corretas

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo expõe os trabalhos realizados até o presente da pesquisa, que busca um modelo de comunicação na elicitação de requisitos em sistemas existentes no contexto judicial, que permita a redução de ambiguidades e facilite a compreensão, tornando os requisitos mais claros.

Para que um requisito seja adequadamente compreendido, é preciso que o contexto no qual o mesmo se encontra esteja claramente identificado. Acredita-se que uma modelagem conceitual deste contexto permitirá aos desenvolvedores de sistemas compreender melhor cada requisito. O uso de Mapas Conceituais proporciona essa modelagem conceitual com comprovado poder cognitivo.

Visto que o objetivo deste artigo foi comprovar se os Mapas Conceituais se adequam bem ao contexto judicial, no sentido de expressar corretamente os conceitos do domínio, bem como avaliar a sua leitura por desenvolvedores de sistemas, especialistas do domínio e usuários. Assim, dois experimentos foram realizados. No Experimento I, testamos a capacidade dos Mapas Conceituais transmitirem informações do domínio jurídico para desenvolvedores de sistema, sendo representados por alunos de um curso de desenvolvimento de sistemas para a Internet. Os resultados indicam que os Mapas Conceituais atenderam as expectativas e se mostraram adequados para a leitura de informações do domínio judicial para desenvolvedores de sistemas, considerando a população analisada. No Experimento II, desenvolvedores de sistemas realizaram o mapeamento conceitual de um artigo do domínio judicial que foi submetido a alunos de um curso superior de direito, representando especialistas do domínio e usuários. Os resultados conferem que as informações dispostas no

mapeamento conceitual foram compreendidas com um interessante grau de precisão.

Com base nos experimentos realizados, pode-se concluir que os Mapas Conceituais permitem uma adequada modelagem conceitual de informações do domínio jurídico, tanto na perspectiva de desenvolvedores de sistema, quando para usuários e especialistas do domínio.

Nas próximas fases da investigação, será analisado o comportamento dos Mapas Conceituais no mapeamento conceitual de sistemas existentes do domínio jurídico. Um modelo solicitação de requisitos para sistemas existentes do domínio jurídico, usando mapeamento conceitual, será proposto e validado. Perspectivas de um modelo colaborativo também serão consideradas.

Atualmente, as solicitações para requisitos em sistemas existentes do domínio jurídico são realizadas de maneira textual em linguagem natural não estruturada. Visa-se com essa pesquisa contribuir oferecendo uma ferramenta que, com facilidade, permita um adequado tratamento dos requisitos em ambientes de sistemas existentes para o domínio jurídico, de modo sistemático, reduzindo as ambiguidades e maximizando a qualidade da compreensão dos mesmos aos desenvolvedores de sistema.

REFERÊNCIAS

- [1] P. Newman, M. A. Ferrario, W. Simm, S. Forshaw, A. Friday, and J. Whittle, "The Role of Design Thinking and Physical Prototyping in Social Software Engineering," *2015 IEEE/ACM 37th IEEE Int. Conf. Softw. Eng. (ICSE)*, 16-24 May 2015, vol. vol.2, pp. 487-496, 2015.
- [2] U. Abelein, H. Sharp, and B. Paech, "Does involving users in software development really influence system success," *IEEE Softw.*, vol. 30, no. 6, pp. 17-23, 2013.
- [3] V. Rajlich, "Software evolution and maintenance," in *Proceedings of the on Future of Software Engineering - FOSE 2014*, 2014, pp. 133-144.
- [4] V. T. Rajlich, "Software evolution: a road map," in *Proceedings IEEE International Conference on Software Maintenance. ICSM 2001*, 2001, p. 6.
- [5] Y. Maley, "The language of legislation," *Lang. Soc.*, vol. 16, no. 01, p. 25, Mar. 1987.
- [6] L. L. Streck, "Hermeneutica Juridica e(m) crise." p. 246, 1999.
- [7] W. el Hassan and L. Logrippio, "Requirements and compliance in legal systems: a logic approach," *2008 Requir. Eng. Law*, no. d, pp. 40-44, 2008.
- [8] N. Kiyavitskaya, A. Krausová, and N. Zannone, "Why eliciting and managing legal requirements is hard," *Requir. Eng. Law*, pp. 26-30, 2008.
- [9] T. D. Breaux, M. W. Vail, and A. I. Antón, "Towards regulatory compliance: Extracting rights and obligations to align requirements with regulations," *Proc. IEEE Int. Conf. Requir. Eng.*, pp. 46-55, 2006.
- [10] A. Siena, J. Mylopoulos, A. Perini, and A. Susi, "From laws to requirements," *Requir. Eng. Law, RELAW'08*, pp. 6-10, 2008.
- [11] J. D. Novak and A. J. Cañas, "The Origins of the Concept Mapping Tool and the Continuing Evolution of the Tool," *Inf. Vis. J.*, vol. 5, pp. 175-184, 2006.
- [12] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, and A. Wesslén, *Experimentation in Software Engineering*, vol. 1. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [13] H. R. Lopes, G. A. de C. Pires, and C. L. de C. Pires, "A fase ordinatória do processo civil no rito ordinário," *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, 2014.

Applying Verbal Decision Analysis in Distributed Software Development

Rank Ordering the Influencing Factors in Task Allocation

Marum Simão Filho

Graduate Program in Applied Computer Science
University of Fortaleza / 7 de Setembro College
Fortaleza, Brazil
marum@unifor.br; marum@fa7.edu.br

Plácido Rogério Pinheiro, Adriano Bessa Albuquerque
Graduate Program in Applied Computer Science
University of Fortaleza
Fortaleza, Brazil
{placido, adrianoba}@unifor.br

Abstract — In the management of distributed software development, project managers face many challenges. Some of the most critical ones are related to the allocation of tasks between remote teams. To assign a task to a site or team, the project manager should take into account several factors such as team's technical expertise and cultural similarities. He or she usually makes this decision in a subjective way. The verbal decision analysis is an approach based on solving problems through multi-criteria qualitative analysis, which means it considers the analysis of subjective criteria. This paper describes the application of verbal decision analysis method ZAPROS III-i to rank order the factors that the project managers should take into account when allocating tasks in distributed software development projects.

Keywords - Distributed Software Development, Task Allocation, Verbal Decision Analysis, ZAPROS III-i.

I. INTRODUCTION

The Distributed Software Development (DSD) is a reality more and more present in modern companies. The perspective to expand the workforce capacity, the conquest of new markets and the cost reduction possibility are some of the reasons that make software development companies adopt distributed development [25]. On the other hand, the distribution brings many challenges, such as language and time zone differences and increased complexity of coordinating and controlling the project [23]. In this context, the allocation of tasks is an even more critical activity for project planning because of the distribution [22]. The distribution of tasks to remote teams can be seen as a fundamental activity for the success of a distributed project. However, this activity is still a major challenge in global software development due to limited understanding of the factors that influence task allocation decisions [8].

Deciding which task we should allocate for each team is typically a decision-making problem. Routinely, the project manager makes this decision based on their experience and knowledge about the project and the teams involved. We mean that a high degree of subjectivity is present in the decision-making process. This is an appropriate setting for Verbal Decision Analysis (VDA), which consist of an approach based on multi-criteria problem solving through its qualitative

analysis [16], i.e., VDA methods take into consideration the criteria's subjectivity.

This paper describes the application of a methodology using a VDA method to rank order the factors to be considered by project managers when allocating tasks in distributed software development projects. Firstly, expert interviews were conducted to identify the criteria and the criteria values. Then, a questionnaire was applied to a group of project managers to characterize each factor through the criteria and criteria values. Finally, the ZAPROS III-i method was applied to rank order the factors.

The rest of the paper is organized as follows: Section II shortly deals with issues involving task allocation in distributed software development. Section III provides a brief description of the VDA and ZAPROS III-i method. Section IV describes the application of the ZAPROS III-I method. Section V presents the results of our work. Finally, in Section VI, we provide the conclusions and suggestions for further work.

II. TASK ALLOCATION IN DISTRIBUTED SOFTWARE DEVELOPMENT

The allocation of tasks is a critical activity for any kind of project, especially in a distributed scenario. Most of the time, few factors drive the allocation of tasks, such as hand labor costs. Risks and other relevant factors such as the workforce skills, innovation potential of different regions, or cultural factors are often insufficiently recognized [11].

Many studies about the tasks allocation in DSD have been carried out along the years aiming at mapping this topic and its features. Lamersdorf et al. [11] developed an analysis of the existing approaches to distribution of duties. The analysis was comprehensive and involved procedures for the distributed development, distributed generation, and distributed systems areas. Lamersdorf et al. [12] conducted a survey on the state of practice in DSD in which they investigated the criteria that influence task allocation decisions. Lamersdorf and Münch [10] presented TAMRI (Task Allocation based on Multiple cRriteria), a model based on multiple criteria and influencing factors to support the systematic decision of task allocation in distributed development projects. Ruano-Mayoral et al. [29] presented a methodological framework to allocate work packages among participants in global software development projects.

Coordination for the Improvement of Higher Level-or Education-
Personnel (CAPES); 7 de Setembro College.

Marques et al. [23] performed a systematic mapping, which enabled us to identify models that propose to solve the problems of allocation of tasks in DSD projects. Marques et al. [22] also performed a tertiary review applying the systematic review method on systematic reviews that address the DSD issues. Galvina and Šmite [9] provided an extensive literature review for understanding the industrial practice of software development processes and concluded that the evidence of how these projects are organized is scarce. Babar and Zahedi [3] presented a literature review considering the studies published in the International Conference in Global Software Engineering (ICGSE) between 2007 and 2011. They found that the vast majority of the evaluated studies were in software development governance and its sub-categories, and much of the work had focused on the human aspects of the GSD rather than technical aspects.

Almeida et al. [1] presented a multi-criteria decision model for planning and fine-tuning such project plans: Multi-criteria Decision Analysis (MCDA). The model was developed using cognitive mapping and MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) [4]. In [2], Almeida et al. applied (MCDA) on the choice of DSD Scrum project plans that have a better chance of success.

Simão Filho et al. [30] conducted a quasi-systematic review of studies of task allocation in DSD projects that incorporate agile practices. The study brought together a number of other works, allowing the establishment of the many factors that influence the allocation of tasks in DSD, which we can highlight: technical expertise, expertise in business, project manager maturity, proximity to client, low turnover rate of remote teams, availability, site maturity, personal trust, time zone, cultural similarities, and willingness at site. These factors are very important for this work and will be used later.

III. VERBAL DECISION ANALYSIS

Decision-making is an activity that is part of people's and organizations' lives. In most problems, to make a decision, a situation is assessed against a set of characteristics or attributes, i.e., it involves the analysis of several factors, also called criteria. When a decision can generate a considerable impact, such as management decisions, and must take into account some factors, the use of methodologies to support the decision-making process is suggested, because choosing the inappropriate alternative can lead to waste of resources, time, and money, affecting the company.

The decision-making scenario that involves the analysis of alternatives from several viewpoints is called multi-criteria decision analysis and is supported by multi-criteria methodologies [4]. These methodologies favor the generation of knowledge about the decision context, which helps raise the confidence of the decision maker [8 and 21].

The verbal decision analysis is an approach to solving multi-criteria problems through qualitative analysis [14]. The VDA supports the decision-making process through the verbal representation of problems. Some examples of the application of VDA in real problems are given next. In [19], Machado et al applied VDA in selecting specific practices of CMMI. In [20], Machado applied VDA for selecting approaches of project

management. In [24] and [38], Mendes et al. and Tamanini et al, respectively, used VDA in digital TV applications. In [35], Tamanini et al. proposed a VDA-based model to cashew chestnut industrialization process. In [36 and 37], Tamanini et al. developed studies applying VDA to the diagnosis of Alzheimer's disease. VDA applied to Alzheimer's disease also was approached in [5, 6 and 7]. In [39], Tamanini and Pinheiro approached the incomparability problem on ZAPROS method. In [28], Pinheiro et al. applied VDA on the choice of educational tools prototypes.

According to [26], the VDA framework is based on the same principles as Multi-Attribute Utility Theory (MAUT). However, it applies a verbal process for preference elicitation and evaluation of alternatives without converting these verbal values to numbers. The traditional methods of VDA aimed at solving problems with a lot of alternatives and a limited number of criteria and criteria values, since they were designed for the construction of a general rule for the decision, regardless of which alternatives belonged to the real alternatives set. However, this characteristic has changed recently, and new methods that elicit the preferences based on the real alternatives to the problem have been proposed.

The VDA methodologies can be used for ordering or sorting the alternatives. Among the classification methods, we can mention ORCLASS, SAC, DIFCLASS, and CYCLE. Some sorting methods are PACOM, ARACE, and those from ZAPROS family (ZAPROS-LM, STEPZAPROS, ZAPROS III and III-i) [32]. Figure 1. shows the VDA ordering methods.

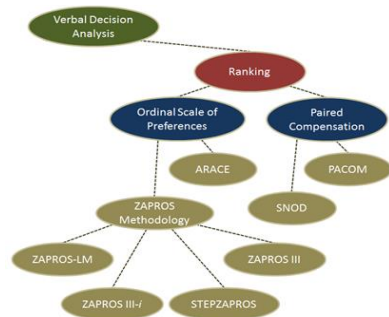


Figure 1. VDA Methods for Ordering Alternatives (Adapted from [32])

A. The ZAPROS III-i Method for Rank Ordering

The ZAPROS methodology aims at ranking multi-criteria alternatives in scenarios involving a rather small set of criteria and criteria values, and a great number of alternatives. It is structured in three stages: Problem Formulation, Elicitation of Preferences and Comparison of Alternatives.

In ZAPROS LM method, we carry out the elicitation of preferences by comparing vectors of alternatives [16]. These vectors are composed of criteria values. They differ from only two values at the same time. Then, using a pair of vectors, we can structure the scale of preferences according to the decision maker's answers. After that, we will define the real alternatives of the problem and the values of criteria that they represent. In the end, we obtain the value of each alternative based on the

criteria values weights defined in the scale of preferences and, then, we can rank order the alternatives.

The ZAPROS III method [13] is an evolution of the ZAPROS LM. There are modifications that make it more efficient and more accurate on inconsistencies. ZAPROS III introduces the concept of Quality Variations (QV), which represents the distances between the evaluations of two criteria, and uses these values to make the preferences elicitation. Furthermore, it uses the Formal Index of Quality (FIQ) to rate the alternatives set and, hence, minimize the number of pairs of alternatives that need to be compared to obtain the problem's result. FIQ estimates the quality degree of an alternative through the comparison of it to the First Reference Situation of the problem. The highest the difference between these two alternatives (and, consequently, the degree presented on the alternative's FIQ), the less preferable this would be. This way, one can notice that the FIQ of the first reference situation will always be equal to zero.

The subjectivity and the qualitative aspect of ZAPROS method can cause losses to the method's comparison capacity and make the incomparability cases between the alternatives unavoidable [15]. ZAPROS III-i introduces modifications in the comparison process of alternatives so that it could minimize or even eliminate the incomparability problem of the ZAPROS method. More details about the modification on ZAPROS III-i can be found in [40].

Figure 2. shows the ZAPROS III-i method's flowchart to rank order a set of alternatives. The methodology follows the same problem formulation proposed in [13]. In the first stage, we obtain the relevant criteria and their values to the decision-making process. The criteria values must be sorted in an ascending order of preference (from most to least preferable). In case of three criteria and three criteria values, we have the following criteria values for each criterion: A1, A2 and A3 (for criterion A), B1, B2 and B3 (for criterion B), and C1, C2 and C3 (for criterion C). A1, B1 and C1 are the most preferable values, and A3, B3 and C3 are the least preferable values for criteria A, B and C, respectively. In this case, possible alternatives are represented as [A1, B2, C3] and [A3, B1, C2]. In the second stage, we generate the scale of preferences based on the decision maker's preference. In the last stage, we perform the comparison between the alternatives based on the decision maker's preferences. More details about this process can be found in [13, 27 and 33].

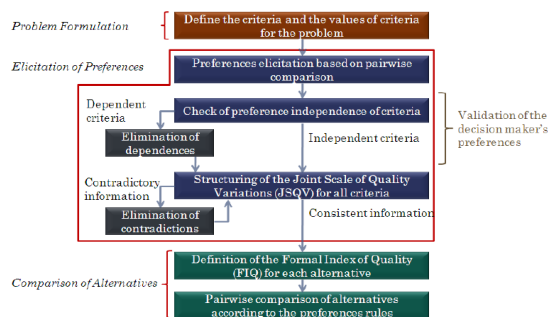


Figure 2. Procedure to apply ZAPROS III-i Method [33]

IV. THE APPLICATION OF THE METHODOLOGY

To rank order the factors that project managers should consider when allocating tasks in distributed software development projects, we applied a methodology consisting of four main steps, which are explained next: A - Identification of the Alternatives (the factors); B - Definition of the Criteria and the Criteria Values; C - Characterization of the Alternatives; and D - The ZAPROS-III-i Method Application.

A. Identification of the Alternatives

First, we conducted a literature research to identify the main influencing factors that should be considered when allocating tasks in distributed software development projects. They serve as alternatives to our decision problem [31]. TABLE I. shows the factors found as result of this research.

TABLE I. INFLUENCING FACTORS ON TASK ALLOCATION IN DSD PROJECTS

ID	Alternatives
Factor1	Technical expertise
Factor2	Expertise in business
Factor3	Project manager maturity
Factor4	Proximity to client
Factor5	Low turnover rate
Factor6	Availability
Factor7	Site maturity
Factor8	Personal trust
Factor9	Time zone
Factor10	Cultural similarities
Factor11	Willingness at site

B. Definition of the Criteria and the Criteria Values

Next, we interviewed a group of 4 project management experts in order to define the criteria and the criteria values. This is the definition stage of the criteria. For each criterion, we established a scale of values associated with it [17, 18 and 38].

The criteria values were ordered from the most preferable value to the least preferable one. As result of this step, we got the list of criteria and criteria values for the problem of selecting the most important factors to be considered in task allocation in DSD projects, which is listed next [31]:

1. Criterion A: Facility for carrying out the task remotely, i.e., how much easier it becomes to implement the remote task if the factor is present.
 - A1. It facilitates much: The implementation of the remote task is much easier if the factor is present.
 - A2. It facilitates: The implementation of the remote task is easier if the factor is present.
 - A3. Indifferent: The presence of the factor is indifferent to the implementation of the remote task.
2. Criterion B: Time for the project.
 - B1. High gain: The presence of the factor can cause much reduction of the period referred to perform the task.

- B2. Moderate gain: The presence of the factor may cause some reduction of the time limit for performing the task.
 - B3. No gain: The presence of the factor does not cause changes to the deadline to execute the task.
3. Criterion C: Cost for the project.
- C1. High gain: The presence of the factor can cause a lot of cost reduction expected to perform the task.
 - C2. Moderate gain: The presence of the factor may cause some reduction of the time limit for performing the task.
 - C3. No gain: The presence of factor induces no change compared to the estimated cost to perform the task.

C. Characterization of the Alternatives

We created a questionnaire to gather information and opinions about the factors that influence the allocation of tasks in DSD projects. We applied the questionnaire to the Web to a group of 20 project managers and consisted of two parts. The first part aimed to trace the respondents profile about his/her professional experience and education. The second part of the questionnaire inquired the views of experts on the factors that influence the allocation of tasks in DSD projects. As explained, for our problem, we described such influencing factors as alternatives. Thus, in every question, the professional analyzed the influencing factors about a set of criteria and criteria values and selected what criterion value that best fitted the factor analyzed. An example of question is as follows:

1. Factor: Expertise in business – knowledge of the team about the client's business:

- (a) Criterion A: Facility for carrying out the task remotely
 () A1. It facilitates much. () A2. It facilitates. () A3. Indifferent.
- (b) Criterion B: Time for the project
 () B1. High gain. () B2. Moderate gain. () B3.No gain.
- (c) Criterion C: Cost for the project
 () B1. High gain. () B2. Moderate gain. () B3.No gain.

We did the same for the other ten factors. Then, we analyzed the responses to determine the criteria values representing the alternatives. For each influencing factor, we filled the final table based on the replies of the majority of professionals. We then selected the value of the criterion that had the greatest number of choices to represent the alternative. TABLE II. summarizes the responses to the questionnaire, showing the sum of the answers and characterization of alternatives according to the values of each criterion (the "Final vector" column). The bold numbers in gray cells in the table indicate the criteria values selected by most of the interviewed professionals to represent a certain factor.

We emphasize that the various answers given by professionals, considering they have experienced project managers, were related to the fact that they have different professional backgrounds. Thereby, the characterization of a

particular factor was based on answers given by most professionals.

TABLE II. CHARACTERIZATION OF ALTERNATIVES ACCORDING TO ANSWERS COLLECTED IN THE QUESTIONNAIRE [31]

Criteria/ alternatives	Facility for carrying out the task remotely			Time for the project			Cost for the project			Final vector
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	
Factor1	11	7	2	13	6	1	11	7	2	A1B1C1
Factor2	15	3	2	13	7	0	10	8	2	A1B1C1
Factor3	8	11	1	5	14	1	7	10	3	A2B2C2
Factor4	13	4	3	8	10	2	8	10	2	A1B2C2
Factor5	14	6	0	15	4	1	12	7	1	A1B1C1
Factor6	10	8	2	13	5	2	9	6	5	A1B1C1
Factor7	16	3	1	11	9	0	9	11	0	A1B1C2
Factor8	8	10	2	6	11	3	3	13	4	A2B2C2
Factor9	3	12	5	3	8	9	3	6	11	A2B3C3
Factor10	4	13	3	3	10	7	3	8	9	A2B3C3
Factor11	10	8	2	10	8	2	9	6	5	A1B1C1

D. The ZAPROS-III-i Method Application

After defining and characterizing the alternatives, we moved on to the stage of ordering. At this stage, we applied the ZAPROS III-i method to put in order the influencing factors, such that it is possible to establish a ranking of them.

In order to facilitate the decision-making process and perform it consistently, we used the ARANAÚ tool, presented in [34, 38 and 40]. The tool, which was implemented in Java platform, was first developed in [34] to support ZAPROS III method. In this work, we used the updated version to ZAPROS III-i method. The use of ZAPROS III-i method in the ARANAÚ tool requires four steps, as follows: 1. Criteria and criteria values definition; 2. Preferences elicitation; 3. Alternatives definition; and 4. Results generation.

The process runs as follows. First of all, we introduced the criteria presented in the problem into the ARANAÚ tool, as shown in Figure 3. .

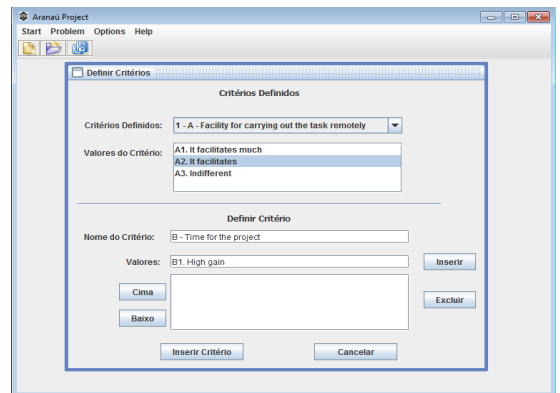


Figure 3. Introducing criteria into the ARANAÚ tool

Next, the decision-maker decides the preferences. The interface for elicitation of preferences presents questionings that can be easily answered by the decision-maker to obtain the scale of preferences. The process occurs in two stages: elicitation of preferences for quality variation of the same criteria, and elicitation of preferences between pairs of criteria.

The questions provided require a comparison considering the two reference situations [33]. Once the scale of preferences is structured, the next step is to define the problem's alternatives. The alternatives to our problem are the factors shown in Subsection IV-A. After all, the ARANAÚ tool generates the results.

V. RESULTS

After introducing all the data and answering the questions, the decision maker is presented with the result in a table containing the alternatives and their criteria evaluations, formal index of quality and rank, as exposed in TABLE III. Note that there are five alternatives (factors) that are in the same ranking position (first position), and their FIQ's values are equals to zero. This occurs because all of them got the best evaluation according to the survey filled out by the professionals (A1, B1, C1), which is the best possible evaluation, as explained in Subsection III.A.

TABLE III. THE FINAL RANKING OF ALTERNATIVES

Rank	Alternative	Representation	FIQ
1	Factor1 - Technical expertise	A1B1C1	0
1	Factor2 - Expertise in business	A1B1C1	0
1	Factor5 - Low turnover rate	A1B1C1	0
1	Factor6 - Availability	A1B1C1	0
1	Factor11 - Willingness at site	A1B1C1	0
2	Factor7 - Site maturity	A1B1C2	6
3	Factor4 - Proximity to client	A1B2C2	10
4	Factor3 - Project manager maturity	A2B2C2	11
4	Factor8 - Personal trust	A2B2C2	11
5	Factor10 - Cultural Similarities	A2B2C3	14
6	Factor9 - Time zone	A2B3C3	18

A graph showing the dominance relations between the alternatives is also generated by the ARANAÚ tool and is exposed to provide a more detailed analysis of the problem's resolution. This graph can be seen in Figure 4.

VI. CONCLUSION AND FUTURE WORKS

For large software development projects, working with distributed teams has been an alternative increasingly present in companies. However, the allocation of tasks among remote teams is very critical since there are many factors that project managers should take into consideration. Typically, this multi-criteria decision-making problem involves subjective aspects. The verbal decision analysis methods support decision-making process through multi-criteria qualitative analysis.

The main contribution of this work was to apply a methodology based on VDA method ZAPROS III-i to rank order the factors that project managers should consider when allocating tasks among distributed teams. A tool called ARANAÚ supported this work allowing the performance of the tasks in a fast and practical way. Previously, we conducted interviews and applied questionnaires to a group of project management experts so that we could identify the alternatives (factors), define the criteria and the criteria values, and characterize the alternatives to use in the method. Another contribution of this work was to provide information about

factors that influence the allocation of tasks to project managers of distributed software development.

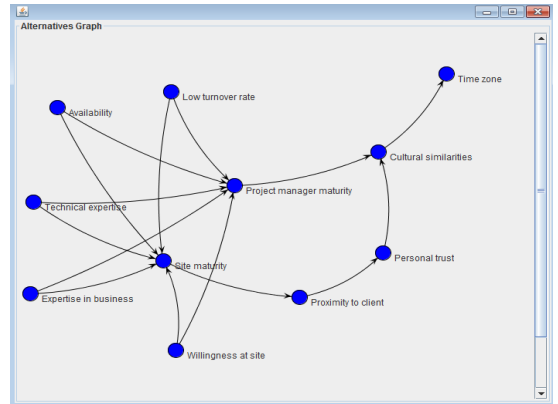


Figure 4. The graph showing the dominance relations between the alternatives

As future work, we intend to combine the ZAPROS III-i method to other decision support methods so that we can apply them in the allocation of specific software engineering tasks. Another future work is the application of the factors arising from this research in actual projects in order to validate the model's result. Finally, we intend to apply VDA methods to help choosing the team that should be assigned a specific task, based on the task characteristics and teams profiles.

ACKNOWLEDGMENT

The first author is thankful for the support given by the "Coordination for the Improvement of Higher Level-or Education- Personnel" (CAPES) and 7 de Setembro College during this project. The second author is grateful to National Council of Technological and Scientific Development (CNPq) via Grants #305844/2011-3. The authors would like to thank University of Fortaleza for all the support.

REFERENCES

- [1] Almeida L.H., Albuquerque, A.B, Pinheiro, P.R., "A Multi-criteria Model for Planning and Fine-Tuning Distributed Scrum Projects", In: Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Global Software Engineering, 2011.
- [2] Almeida L.H., Albuquerque, A.B, Pinheiro, P.R., "Applying Multi-Criteria Decision Analysis to Global Software Development with Scrum Project Planning", Lecture Notes in Computer Science, v. 6954, p. 311-320, 2011.
- [3] Babar, M. A. and Zahedi, M., "Global Software Development: A Review of the State-Of-The-Art (2007 - 2011)", IT University Technical Report Series. IT University of Copenha-gen, 2012.
- [4] Bana e Costa, C.A., Sanchez-Lopez, R., Vansnick, J.C., De Corte, J.M., "Introducción a MACBETH", In: Leyva López, J.C. (ed.). Análisis Multicriterio para la Toma de Decisiones: Métodos y Aplicaciones, Plaza y Valdés, México (233-241), 2011.
- [5] Castro, A.K.A., Pinheiro, P.R., Pinheiro, M.C.D., "Applying a Decision Making Model in the Early Diagnosis of Alzheimer's Disease", Rough Sets and Knowledge Technology, Lecture Notes in Computer Science, v.4481, p.149-156, 2007.
- [6] Castro, A.K.A., Pinheiro, P.R., Pinheiro, M.C.D., "A Multicriteria Model Applied in the Diagnosis of Alzheimer's Disease", Rough Sets

- and Knowledge Technology, Lecture Notes in Computer Science, v.5009, p.612–619, 2008.
- [7] Castro, A.K.A., Pinheiro, P.R., Pinheiro, M.C.D., Tamanini, I., “Applied Hybrid Model in the Neuropsychological Diagnosis of the Alzheimer’s Disease: A Decision Making Study Case”, *International Journal of Social and Humanistic Computing (IJSHC)*, v.1, n.3, p.331–345, 2010. DOI:10.1504/IJSHC.2010.032692.
- [8] Evangelou, C., Karacapilidis, N. and Khaled, O.A., “Interweaving knowledge management, argumentation and decision making in a collaborative setting: the KAD ontology model”, *International Journal of Knowledge and Learning* 1, 1/2, 130–145, 2005.
- [9] Galvina, Z. and Smite, D., “Software Development Processes in Globally Distributed Environment”, In: *Scientific Papers, University Of Latvia*, Vol. 770, Computer Science and Information Technologies, 2011.
- [10] Lamersdorf, A. and Münch, J., “A multi-criteria distribution model for global software development projects”, *The Brazilian Computer Society*, 2010.
- [11] Lamersdorf, A., Münch, J. and Rombach, D., “Towards a Multi-Criteria Development Distribution Model: An Analysis of Existing Task Distribution Approaches”, In: *IEEE International Conference on Global Software Engineering, ICGSE 2008*, 2008.
- [12] Lamersdorf, A., Münch, J. and Rombach, D., “A Survey on the State of the Practice in Distributed Software Development: Criteria for Task Allocation”, In *Fourth IEEE International Conference on Global Software Engineering, ICGSE 2009*, 2009.
- [13] Larichev, O.I., “Ranking multicriteria alternatives: The Method ZAPROS III”, *European Journal of Operational Research*, v. 131, n. 3, p. 550–558, 2001.
- [14] Larichev, O.I., Brown, R., “Numerical and verbal decision analysis: comparison on practical cases”, *Journal of Multicriteria Decision Analysis* 9, 6, 263–273, 2000.
- [15] Larichev, O., “Method ZAPROS for Multicriteria Alternatives Ranking and the Problem of Incomparability”, *Informatica*, v. 12, n. 1, p. 89-100, 2001.
- [16] Larichev, O.I. and Moshkovich, H.M., “Verbal Decision Analysis for Unstructured Problems”, Boston: Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [17] Machado, T.C.S., Menezes, A.C., Pinheiro, L.F.R., Tamanini, I., Pinheiro, P.R., “The selection of prototypes for educational tools: an applicability in verbal decision analysis”, *IEEE International Joint Conferences on Computer, Information, and Systems Sciences, and Engineering*, 2010.
- [18] Machado, T.C.S., Menezes, A.C., Pinheiro, L.F.R., Tamanini, I., Pinheiro, P.R., “Applying verbal decision analysis in selecting prototypes for educational tools”, *IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems, Xiamen, China*, pp. 531–535, 2010.
- [19] Machado, T.C.S., Pinheiro, P.R., Albuquerque, A.B., de Lima, M.M.L., “Applying verbal decision analysis in selecting specific practices of CMMI”, *Lecture Notes in Computer Science* 7414, 215–221, 2012.
- [20] Machado, T. C. S., “Towards Aided by Multicriteria Support Methods and Software Development: A Hybrid Model of Verbal Decision Analysis for Selecting Approaches of Project Management”, Master Thesis. Master Program in Applied Computer Sciences, University of Fortaleza, 2012.
- [21] Machado, T.C.S., Pinheiro, P.R., Tamanini, I., “Project Management Aided by Verbal Decision Analysis Approaches: A Case Study for the Selection of the Best SCRUM Practices”, *International Transactions in Operational Research*, v. 22, n. 2, p.287-312, DOI: 10.1111/itor.12078, 2014.
- [22] Marques, A. B., Rodrigues, R., and Conte, T., “Systematic Literature Reviews in Distributed Software Development: A Tertiary Study”, In: *IEEE International Conference on Global Software Engineering, ICGSE 2012*: 134-143, 2012.
- [23] Marques, A. B., Rodrigues, R., Prikladnicki R. and Conte, T., “Alocação de Tarefas em Projetos de Desenvolvimento Distribuído de Software: Análise das Soluções Existentes”, *II Congresso Brasileiro de Software, V WDDS – Workshop de Desenvolvimento Distribuído de Software, São Paulo*, 2011.
- [24] Mendes, M.S., Carvalho, A.L., Furtado, E., Pinheiro, P.R., “A co-evolutionary interaction design of digital TV applications based on verbal decision analysis of user experiences”, *International Journal of Digital Culture and Electronic Tourism* 1, 312–324, 2009.
- [25] Miller, A., “Distributed Agile Development at Microsoft patterns & practices”, *Microsoft patterns & practices*, 2008.
- [26] Moshkovich, H. M., Mechitov, A., “Verbal Decision Analysis: Foundations and Trends”, *Advances in Decision Sciences*, v. 2013, Article ID 697072, 9 pages, DOI: 10.1155/2013/697072, 2013.
- [27] Moshkovich, H. M., Mechitov, A. and Olson, D., “Ordinal Judgments in Multiattribute Decision Analysis”, *European Journal of Operational Research*, v. 137, n. 3, p. 625–641, 2002.
- [28] Pinheiro, P.R., Machado, T. C. S., Tamanini, I., “Verbal Decision Analysis Applied on the Choice of Educational Tools Prototypes: A Study Case Aiming at Making Computer Engineering Education Broadly Accessible”, *International Journal of Engineering Education*, v. 30, p. 585-595, 2014.
- [29] Ruano-Mayoral, M., Casado-Lumbreras, C., Garbarino-Alberti, H. and Misra, S., “Methodological framework for the allocation of work packages in global software development”, In *Journal of Software: Evolution and Process, J. Softw. Evol. and Proc.*, 2013.
- [30] Simão Filho, M., Pinheiro, P.R., Albuquerque, A.B., “Task Allocation Approaches in Distributed Agile Software Development: A Quasi-systematic Review”, In: *4th Computer Science On-line Conference 2015, 2015, Zlin. Proceedings of the 4th Computer Science On-line Conference 2015 (CSOC2015)*, Vol 3: Software Engineering in Intelligent Systems, 2015. v. 3. p. 243-252, 2015.
- [31] Simão Filho, M., Pinheiro, P.R., Albuquerque, A.B., “Task Allocation in Distributed Software Development aided by Verbal Decision Analysis”, In: *5th Computer Science On-line Conference 2016 (CSOC2015)*, Zlin. Proceedings of the 5th Computer Science On-line Conference 2016, 2016, in press.
- [32] Tamanini, I., “Hybrid Approaches of Verbal Decision Analysis Methods”, Doctor Thesis, Graduate Program in Applied Informatics, University of Fortaleza, 2014.
- [33] Tamanini, I., “Improving the ZAPROS Method Considering the Incomparability Cases”, Master Thesis, Master Program in Applied Computer Sciences, University of Fortaleza, 2010.
- [34] Tamanini, I., “Uma ferramenta Estruturada na Análise Verbal de Decisão Aplicando ZAPROS”, *Computer Sciences, University of Fortaleza*, 2007.
- [35] Tamanini, I., Carvalho, A.L., Castro, A.K.A., Pinheiro, P.R., “A novel multicriteria model applied to cashew chestnut industrialization process”, *Advances in Soft Computing* 58, 1, 243–252. 2009.
- [36] Tamanini, I., de Castro, A.K.A., Pinheiro, P.R., Pinheiro, M.C.D., “Towards an applied multicriteria model to the diagnosis of Alzheimer’s disease: a neuroimaging study case”, *2009 IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, Vol. 3, pp. 652–656, 2009.
- [37] Tamanini, I., de Castro, A.K.A., Pinheiro, P.R., Pinheiro, M.C.D., “Verbal decision analysis applied on the optimization of Alzheimer’s disease diagnosis: a study case based on neuroimaging”, *Advances in Experimental Medicine and Biology* 696, 555–564, 2011.
- [38] Tamanini, I., Machado, T.C.S., Mendes, M.S., Carvalho, A.L., Furtado, M.E.S., Pinheiro, P.R., “A model for mobile television applications based on verbal decision analysis”, *Advances in Computer Innovations in Information Sciences and Engineering* 1, 1, 399–404, 2008.
- [39] Tamanini, I., Pinheiro, P.R., “Challenging the incomparability problem: an approach methodology based on ZAPROS”, *Modeling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences, Communications in Computer and Information Science*, 14, 338–347, 2008.
- [40] Tamanini, I.; Pinheiro, P. R. “Reducing Incomparability in Multicriteria Decision Analysis: An Extension of The ZAPROS Methods”, *Pesquisa Operacional (Print)*, v. 31, n. 2, p. 251-270, DOI: 10.1590/S0101-74382011000200004, 2011.

Avaliação de Desempenho e Disponibilidade de Serviços de Armazenamento em Nuvem Privada

Performance and Availability Evaluation of Storage Services in Private Cloud

Elton Bezerra Torres*†, Gustavo Callou*, Gabriel Alves*, José Accioli*, Hallyson Gustavo*

†Federal Institute of Education, Science, and Technology of Pernambuco (IFPE), Belo Jardim, Brazil

*Department of Statistics and Informatics, Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brazil

{elton.torres@belojardim.ifpe.edu.br} †, {elton.torres.gustavo.callou,gabriel.alves,jose.accioli,hallyson.gustavo@ufrpe.br}*

Resumo — A computação em nuvem traz novas tecnologias e conceitos que favorecem serviços de comunicação e armazenamento de dados. Serviços como OneDrive, Google Drive e DropBox aumentam a disponibilidade dos dados e provêm novas facilidades como sincronização e colaboração. Este artigo tem como objetivo avaliar a disponibilidade e o desempenho de um serviço de armazenamento em nuvem privada. Um conjunto de modelos que faz uso de uma estratégia hierárquica é proposto para se avaliar tanto disponibilidade como o desempenho através da composição de modelos em diagramas de blocos de confiabilidade (RBD) e redes de Petri estocásticas (SPN). Um estudo de caso é apresentado para ilustrar a aplicabilidade dos modelos propostos através de um serviço de armazenamento de arquivos em nuvem hospedado na plataforma *Eucalyptus*.

Palavras Chave - Disponibilidade; Desempenho; RBD; SPN; Computação em Nuvem; *Eucalyptus*.

Abstract — Cloud computing brings new technologies and concepts that favor communication services and data storage. Services like OneDrive, Google Drive and DropBox increase data availability and provides new features as synchronization and collaboration. This article aims to assess the availability and performance of a private cloud storage service. A set of models that use a hierarchical strategy is proposed to evaluate both availability and performance through the composition of reliability block diagrams (RBD) and stochastic Petri net (SPN) models. A case study is presented to illustrate the applicability of the proposed models through a cloud storage service hosted in the *Eucalyptus* platform.

Keywords - Availability; Performance; RBD; SPN; Cloud Computing; *Eucalyptus*.

I. INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, vivemos com os nossos dados digitais armazenados em um único dispositivo, em geral um computador *desktop*, e sempre ao nosso alcance. No entanto, o que ocorria quando o dispositivo que armazenava esses dados apresentava um defeito e o usuário não havia realizado o *backup* dos dados? Como manter a segurança desses dados? Como deixar esses dados disponíveis sempre que for preciso

utilizá-los? Como compartilhar esses dados entre vários dispositivos desenvolvidos e massificados na última década, como *smartphones*, *tablets*, *smart tvs* entre outros? Como gerenciar a sincronização desses dados mantendo-os atualizados entre todos esses dispositivos?

Para tentar responder os questionamentos acima, a computação em nuvem trouxe um modelo de serviço chamado de *Cloud Storage Services*. Esse serviço torna possível o armazenamento de dados por grandes fornecedores como Microsoft OneDrive, Google Drive, DropBox, Amazon Cloud Drive e mais uma dezena de outros serviços do gênero [1]. Esse tipo de serviço de armazenamento teve um crescimento exponencial nos últimos anos. Em julho de 2012, apenas a Microsoft armazenou 4 trilhões de objetos, já em janeiro de 2015 esse valor já ultrapassava os 10 trilhões de objetos [2] [3]. Analistas da indústria avaliam que esse mercado deve crescer saindo do faturamento de \$118 bilhões em 2015 para acima dos \$200 bilhões em 2018 [4].

Várias vantagens podem ser destacadas como, por exemplo, custo e facilidade para realização de *backups* e recuperação dos dados, segurança e proteção dos dados ao serem hospedados em grandes infraestruturas de *datacenter*, acessibilidade e sincronização desses dados entre quaisquer dispositivos conectado à rede, além de compartilhamento e colaboração dos dados entre usuários [5]. Algumas desvantagens também podem ser enumeradas ao se utilizar esse modelo de serviço, como: necessidade constante de conexão à Internet, segurança, privacidade, legislação e propriedade dos dados pessoais ou empresariais hospedados nos fornecedores de serviço [6].

A fim de se obterem dados sempre disponíveis através do armazenamento de dados na computação em nuvem, é importante avaliar os recursos, características, custos, disponibilidade e desempenho de cada fornecedor. Uma comparação dos principais recursos de cada serviço pode ser encontrada em [7].

Este artigo tem como objetivo avaliar a disponibilidade e o desempenho de um serviço de armazenamento de dados em nuvem privada, através de modelos computacionais. Um

conjunto de modelos que faz uso de uma estratégia hierárquica é proposto para se avaliar tanto disponibilidade como o desempenho através da composição de modelos em diagramas de blocos de confiabilidade (RBD) e redes de Petri estocásticas (SPN). São utilizados os modelos em RBD para verificar a disponibilidade do serviço hospedado na nuvem privada e o modelo em SPN para modelar o funcionamento do serviço de armazenamento e obtenção das métricas de desempenho do sistema.

Este trabalho está organizado da seguinte forma: a Seção II apresenta os conceitos fundamentais de computação em nuvem, da plataforma de nuvem privada *Eucalyptus*, definição do diagrama de blocos de confiabilidade e redes de Petri estocásticas. Na Seção III é apresentada a arquitetura proposta enquanto que na Seção IV são discutidos os modelos propostos para representar o sistema. A Seção V trata do estudo de caso, na sequência a Seção VI apresenta os trabalhos relacionados. E por fim, na Seção VII as conclusões e os futuros direcionamentos dessa pesquisa são apresentados.

II. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A. Computação em Nuvem

A computação em nuvem pode ser entendida como um modelo que permite acesso a um conjunto de recurso compartilhados de rede, *hardware*, armazenamento, aplicações e serviços de maneira ubíqua e sob demanda [8]. De maneira geral, a infraestrutura de nuvem consiste em um conjunto de *hardware* e *software* que abstraem dos usuários a complexidade e organização da infraestrutura computacional. Algumas modalidades de serviços que podem ser disponibilizadas na nuvem são: *software* como serviço (SaaS), plataforma como serviço (PaaS) e infraestrutura como serviço (IaaS).

Algumas das principais características oferecidas pela computação em nuvem são: autosserviço sob demanda, amplo acesso por rede, agrupamento de recursos, elasticidade rápida e mensuração de serviço [8]. Além delas, outras características são desejáveis, como escalabilidade, segurança, resiliência e que impactam diretamente na disponibilidade e no desempenho dos serviços ofertados [9].

B. Plataforma Eucalyptus

O *Eucalyptus* [10] é uma plataforma de *software* aberta que implementa nuvens privadas e híbridas. A plataforma permite alta escalabilidade e pode aumentar ou diminuir dinamicamente o número de recursos dependendo da carga de trabalho. O foco dessa plataforma é o fornecimento de IaaS, onde os próprios usuários podem provisionar suas próprias coleções de recursos (*hardware*, armazenamento e rede) através de uma interface de autoatendimento de acordo com as suas necessidades [11].

A plataforma é compatível com as distribuições Linux CentOS e Red Hat Enterprise Linux, além de usar o Java no núcleo e na interface com os usuários. Ela suporta todas as versões de distribuições Linux e versões posteriores ao Windows 2008 a serem utilizadas como instâncias virtuais.

A plataforma *Eucalyptus* é composta por seis componentes essenciais: *Cloud Controller* (CLC), *User-Facing Services* (UFS), *Object Storage Provider* (OSP), *Cluster Controller* (CC), *Storage Controller* (SC) e *Node Controller* (NC) [11]. O

CLC lida com a persistência e é o *backend* para o UFS. O UFS é o ponto de entrada para o usuário na plataforma e fornece compatibilidade com serviços de nuvem da Amazon. O OSP trata do armazenamento persistente para todas as máquinas virtuais na plataforma. O CC é executado em cada máquina física e obtém informações sobre as máquinas virtuais executando no *host* físico, além de administrar a rede das máquinas virtuais. O SC se comunica com o CC e NC gerenciando volumes de blocos e *snapshots* para as instâncias. Por fim, o NC é executado nas máquinas físicas, juntamente com o CC, e controla a execução, inspeção e finalização de instâncias de máquinas virtuais assim como obtém e mantém em um cache local as imagens das instâncias, gerenciando ainda o sistema operacional da máquina virtual e do *hypervisor*.

C. Diagramas de Blocos de Confiabilidade

A confiabilidade é definida como a probabilidade de que um sistema irá desempenhar satisfatoriamente o seu propósito específico por um dado período até a ocorrência da primeira falha [12]. Os diagramas de blocos de confiabilidade (RBD) [13] são um modelo combinatório proposto inicialmente como uma técnica para cálculo da confiabilidade de sistemas utilizando diagramas de blocos. Posteriormente, essa técnica foi estendida para o cálculo de outras métricas como a disponibilidade e manutenibilidade, que juntamente com a confiabilidade, segurança e integridade fazem parte do conceito de dependabilidade [14]. Basicamente, os componentes podem ser configurados em série ou paralelo. A Fig. 1 ilustra dois exemplos, onde os blocos estão dispostos em série (Fig. 1(a)) e em paralelo (Fig. 1(b)).

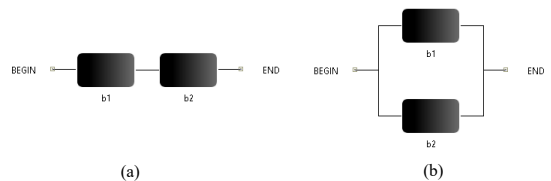


Figura 1 – Diagramas de blocos de confiabilidade.

Quando agrupados em série, o sistema como um todo torna-se inoperante se um único componente falha. Se considerarmos um sistema com n componentes independentes, a confiabilidade (disponibilidade instantânea ou disponibilidade em estado estacionário) é obtida por:

$$P_s(t) = \prod_{i=1}^n P_i \quad (1)$$

onde P_i é a confiabilidade - $C_i(t)$ (disponibilidade instantânea ($D_i(t)$) ou disponibilidade em estado estacionário (D_i)) do bloco b_i .

No agrupamento em paralelo, Fig. 1(b), o sistema continua operacional se pelo menos um dos componentes estiver operacional. Para um sistema com n componentes independentes a confiabilidade (disponibilidade instantânea ou disponibilidade em estado estacionário) é obtida por:

$$P_s(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i) \quad (2)$$

onde P_i é a confiabilidade - $C_i(t)$ (disponibilidade instantânea ($D_i(t)$) ou disponibilidade em estado estacionário (D_i)) do bloco b_i .

D. Redes de Petri Estocásticas

As redes de Petri estocásticas (SPN) são uma extensão das redes de Petri, onde o componente tempo é adicionado para avaliação de desempenho e dependabilidade. Nas SPN, o tempo de disparo das transições são considerados variáveis aleatórias com uma distribuição exponencial de probabilidade [15]. As SPN podem ser mapeadas para cadeias de Markov de tempo contínuo (CTMC) ou fazer uso de técnicas de simulação para obtenção das métricas de dependabilidade desejadas.

A Fig. 2 apresenta um exemplo de um modelo SPN, onde os círculos representam os lugares, enquanto que as transições são representadas por retângulos. Os arcos conectam os lugares às transições, enquanto que os pequenos círculos (*tokens*) presentes nos lugares definem o estado da SPN. O comportamento da SPN é definido pelo fluxo dos *tokens*, onde os *tokens* são criados e destruídos a partir do disparo das transições.

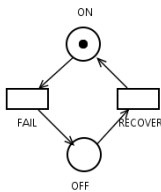


Figura 2 – Modelo SPN.

Mais especificamente, no modelo da Fig. 2 o estado inicial do sistema é de funcionamento (*token* presente no lugar *ON*). Nas transições *FAIL* e *RECOVER* são associados os valores médios do tempo de falha e recuperação, respectivamente. O disparo da transição *FAIL* gera um *token* para o lugar *OFF*, definindo assim o estado do sistema como falho. Com o disparo da transição *RECOVER*, o sistema volta ao estado inicial de funcionamento. Dessa forma, a disponibilidade desse sistema pode ser computada ao se saber a probabilidade da existência de um *token* no lugar *ON* ($P\{\#ON=1\}$).

III. ARQUITETURA PROPOSTA

Neste artigo, utilizamos o *Eucalyptus* na versão 4.2.1 executando sobre o CentOS 6.6 e com máquinas virtuais Ubuntu 14.04, para prover uma infraestrutura de nuvem privada para um serviço de armazenamento.

O serviço de armazenamento utilizado é o Pydio [16]. O Pydio consiste em uma solução *open source* para compartilhamento e sincronização de arquivos na nuvem. Com ele usuários e organizações podem hospedar os seus próprios dados e ter controle sobre eles. Ele possui uma interface *web* onde os clientes podem realizar *upload*, *download* e compartilhamento dos dados, além de aplicativos clientes para *smartphones* e *tablets*, permitindo assim o acesso ubíquo aos

dados e sincronização destes entre os dispositivos. Possui ainda centenas de *plugins* para edição de arquivos, gerenciamento e autenticação de usuários, acesso a outros serviços de armazenamento em nuvem, *email* entre outros.

A Fig. 3 apresenta a estrutura física e lógica do serviço de armazenamento hospedado na nuvem privada. A infraestrutura de nuvem privada é composta por quatro principais componentes: um controlador, o qual gerencia a comunicação, instanciação e os processos da nuvem, um nó, onde a máquina virtual hospedando e executando o Pydio é instanciada, um *storage* que armazena os dados dos usuários no serviço e um *switch* que permite a comunicação entre todos os componentes. Os usuários administradores criam e gerenciam as instâncias de máquinas virtuais através do controlador, e os usuários clientes do serviço de armazenamento acessam através de um cliente *web* ou móvel.

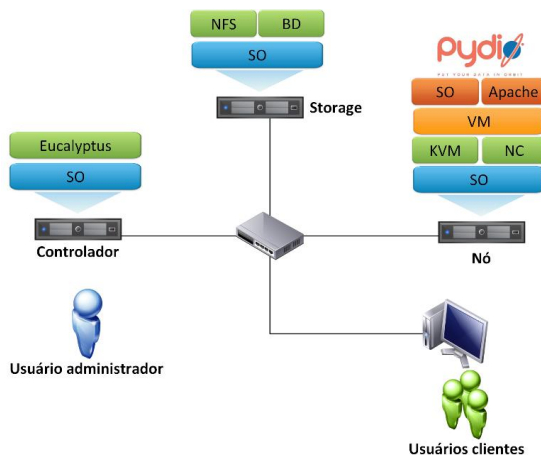


Figura 3 – Estrutura física e lógica na nuvem privada.

IV. MODELOS

A. Modelos de Disponibilidade

A partir dos componentes apresentados na Seção III, foram criados modelos em RBD para representar cada um dos componentes do serviço de armazenamento em nuvem privada e avaliar a disponibilidade do serviço. Os modelos estão detalhados abaixo.

1) *Máquina Virtual (VM)*: a Figura 4 detalha o modelo em RBD que representa a máquina virtual e os componentes necessários para o funcionamento do serviço, que são: o Sistema Operacional (SO), o servidor *web* Apache e o Pydio.

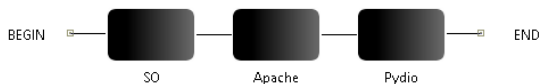


Figura 4 – Modelo RBD da VM.

2) *Nó*: o nó é composto pelos componentes *Hardware* (HW), Sistema Operacional (SO), solução de virtualização KVM, a VM descrita na Fig. 4 e o componente *Node Controller* (NC) do *Eucalyptus*. A Fig. 5 apresenta esse modelo.

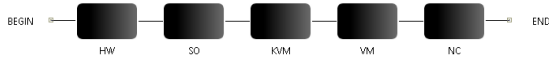


Figura 5 – Modelo RBD do nó.

3) *Storage*: o volume que armazena os dados e arquivos dos usuários, é composto por um sistema operacional Linux executando um servidor NFS e o banco de dados MySQL. O modelo em RBD que o representa é mostrado na Fig. 6.

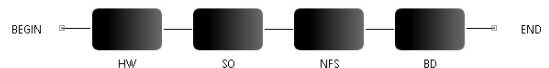


Figura 6 – Modelo RBD do Storage.

4) *Controlador*: o componente controlador é constituído do *Hardware* (HW), Sistema Operacional (SO) e dos seguintes componente do *Eucalyptus*: *Cloud Controller* (CLC), *User-Facing Services* (UFS), *Object Storage Provider* (OSP), *Cluster Controller* (CC) e *Storage Controller* (SC), como descrito na Fig. 7.



Figura 7 – Modelo RBD do Controlador.

5) *Composição de modelos*: do ponto de vista da disponibilidade do serviço de armazenamento, o modelo que representa o funcionamento do serviço é composto pelos subsistemas VM, Nó, *Storage*, Controlador e Rede. A Fig. 8 representa a composição dos modelos RBD descritos anteriormente e representado aqui como sistema.

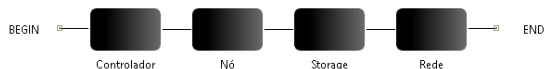


Figura 8 – Modelo RBD do sistema.

B. Modelo de Desempenho

Para avaliar o desempenho do serviço de armazenamento na nuvem privada, este trabalho propõe um modelo em rede de Petri estocásticas conforme pode ser visto na Fig. 9.

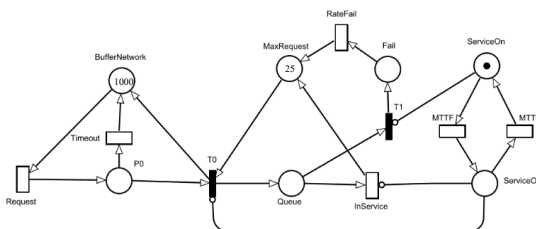


Figura 9 – Modelo SPN do serviço de armazenamento em nuvem privada.

A transição *Request* representa a taxa de chegada de clientes ao serviço, um *token* no lugar *P0* representa a chegada de um cliente que pode vir a entrar ou não no sistema de armazenamento em nuvem privada. Na transição *Timeout* é associado o tempo máximo de espera do cliente pela resposta do serviço. O lugar *BufferNetwork* representa a quantidade de clientes simultâneos que podem ter acesso ao serviço utilizando a mesma rede.

O disparo da transição *T0* representa que o cliente entrou na fila (um *token* no lugar *Queue*) para ser atendido pelo serviço. Caso o serviço esteja indisponível, a transição *T0* não estará habilitada e os clientes não poderão entrar no sistema para serem atendidos. A transição *InService* representa o tempo médio de atendimento de cada cliente e o lugar *MaxRequest* representa o número máximo de requisições simultâneas que a VM pode atender.

O lugar *Fail* representa o número de clientes que não foram atendidos por falha do serviço e a transição *RateFail* representa a taxa de clientes não atendidos por falhas. A transição *T1* é disparada caso o serviço apresente falha.

O lugar *ServiceOn* representa o estado inicial de funcionamento do sistema, caso a transição *MTTF* seja disparada, o *token* irá para o lugar *ServiceOff* definindo o sistema como falho. Caso a transição *MTTR* seja disparada, o *token* voltará ao lugar *ServiceOn* definindo o serviço como disponível novamente.

V. ESTUDO DE CASO

Esta seção descreve o ambiente montado para avaliação, a análise da disponibilidade e desempenho do sistema e apresenta os dados numéricos da avaliação do serviço de armazenamento em nuvem privada. Inicialmente, foi realizada a avaliação de disponibilidade através dos modelos em RBD e posteriormente esses dados foram incorporados ao modelo SPN para avaliar o desempenho do serviço.

A. Ambiente de Teste

Para montar a nuvem privada, foram utilizados três computadores com configurações idênticas: CPU Intel Core i5 3.4 GHz, 8 GB RAM, 1 TB HD, 1000 Mbps NIC. O computador que atua como Controlador é usado para gerenciar a nuvem, criar e destruir instâncias, cadastrar usuários e comanda toda a comunicação entre os componentes. O computador atuando como Nó é responsável pela execução da VM onde está instalado o Pydio, onde a instância usada foi do tipo *m1.medium* contendo 1 CPU e 512MB RAM. Já o *Storage* é criado por um computador que armazena os dados e arquivos dos usuários. Todos os componentes estão ligados através de uma rede de 1000 Mbps.

B. Disponibilidade do Sistema

Para os modelos RBD, foram utilizados os tempos médios de falha (MTTF) e de reparo (MTTR) derivados das análises realizadas em [17] e [18] conforme mostrados na Tabela I.

Os modelos RBD e SPN previamente mostrados foram construídos com a ferramenta *Mercury* [19] e fizeram uso dos tempos mostrados na Tabela I. Vale ressaltar que a partir dos valores de MTTF e MTTR de cada componente, se conseguiu

computar os respectivos dados para cada módulo. Esses valores de MTTF e MTTR de cada módulo são mostrados na Tabela II e são utilizados para cálculo da disponibilidade de todo o sistema.

TABLE I. PARÂMETROS DOS MODELOS RBD

Módulo	Parâmetros de Entrada		
	Componente	MTTF	MTTR
VM	SO	2893h	0.25h
	Pydio	336h	1h
	Apache	788.4h	1h
Nó	HW	8760h	1.66h
	SO	2893h	0.25h
	KVM	2990h	1h
	VM	217.8h	0.94h
	NC	788.4h	1h
Storage	HW	8760h	1.66h
	SO	2893h	0.25h
	NFS	788.4h	1h
	BD	788.4h	1h
Controlador	HW	8760h	1.66h
	SO	2893h	0.25h
	CLC	788.4h	1h
	UFS	788.4h	1h
	OSG	788.4h	1h
	CC	788.4h	1h
	SC	788.4h	1h
Rede	Rede	10000h	1h

TABLE II. PARÂMETROS DO MODELO RBD SISTEMA

Componente	MTTF	MTTR
VM	217.85h	0.94442h
Nó	150.31h	0.93537h
Storage	346.92h	0.91069h
Rede	10000h	1h
Controlador	147.02h	0.97569h

Com esse modelo, encontramos o valor de 0.98466 para a disponibilidade do sistema que provê o serviço de armazenamento em nuvem privada, para o cenário (1) que não considera a redundância em nenhum dos componentes. Outros quatro cenários foram avaliados, onde foram replicados: (2) Controlador, (3) Controlador e Nó, (4) Controlador, nó e Storage e por fim (5) todos os componentes foram duplicados. A Tabela III apresenta os valores de MTTF, MTTR, disponibilidade, *uptime* e *downtime* do sistema em cada cenário.

TABLE III. VALORES PARA TODOS OS CENÁRIOS

Cenário	MTTF	MTTR	Disponi	Uptime	Downtime
(1)	61.17284h	0.95244h	0.98466	8631.42h	134.38h
(2)	79.14709h	0.70585h	0.99116	8688.32h	77.48h
(3)	104.89277h	0.28499h	0.99729	8742.06h	23.75h
(4)	125.27960h	0.01234h	0.99990	8759.13h	0.86h
(5)	125.39298h	0.01110h	0.99991	8759.22h	0.77h

A Fig. 10 representa graficamente os valores de disponibilidade de todos os cenários avaliados.

Pode-se observar que a disponibilidade foi maior nos cenários 4 e 5. Vale ainda destacar que a redundância

adicionada no cenário 5 referente ao dispositivo Rede não teve um impacto tão significativo na disponibilidade do sistema como um todo. Sendo assim, o cenário 4 pode representar uma alternativa interessante para ser escolhida em caso se leve em consideração somente a disponibilidade.

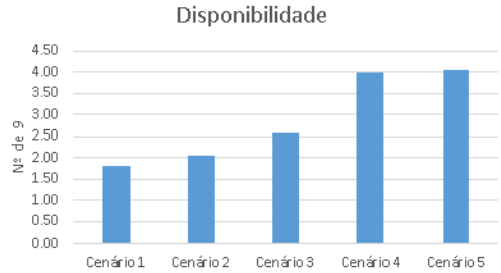


Figura 10 – Gráfico disponibilidade todos os cenários

C. Desempenho do Sistema

Para avaliar o desempenho do sistema, foi utilizado o modelo em SPN apresentado na Fig. 9. A taxa de *Request* adotada foi de 1 req/s. O *Buffer/Network* foi definido em 1000 e o *Timeout* foi definido em 60s [20]. O *MaxRequest* e o tempo *InService* foram medidos no sistema real através da ferramenta *Jmeter* [21] e os valores encontrados foram 25 e 3s, respectivamente. Esses valores levam em consideração o *download* de um arquivo de tamanho 300MB. Já os valores de MTTF e MTTR adotados no modelo SPN foram aqueles avaliados através do modelo RBD e estão presentes na Tabela III.

As métricas analisadas pelo modelo SPN representado pela Fig. 9 foram: probabilidade do *buffer* de rede estar cheio, taxa de perda por *timeout*, taxa de perda por falhas, taxa de utilização do sistema, vazão do sistema e número médio de pessoas sendo atendidas simultaneamente. Os resultados foram calculados através de análise estacionária, também utilizando a ferramenta *Mercury* [19]. A Tabela IV mostra a expressão adotada para o cálculo de cada métrica.

TABLE IV. EXPRESSÃO PARA CÁLCULO DAS MÉTRICAS SPN

Métrica	Expressão
<i>PBuffer</i>	$P\{\#BufferNetwork=0\}$
<i>TxTOUt</i>	$P\{\{ \#ServiceOff=1 \} AND \{ \#P0>0 \} \}$
<i>TxFalha</i>	$E\{\#Fail\}/0,000277778$
<i>TxUtil</i>	$P\{\{ \#Queue>0 \} AND \{ \#ServiceOn=1 \} \}$
Vazão	$E\{\#Queue\}/0,003284355556$
<i>N°Aten</i>	$E\{\#Queue\}$

A Tabela V apresenta os valores dessas métricas para cada um dos cenários de MTTF e MTTR da Tabela III.

TABLE V. VALORES DAS MÉTRICAS SPN EM TODOS OS CENÁRIOS

Cenár	<i>PBuffer</i>	<i>TxTOUt</i>	<i>TxFalha</i>	<i>TxUtil</i>	Vazão	<i>N°Aten</i>
(1)	0.01557	0.016281	0.01340	0.9347	5.9051	2.9525
(2)	0.00882	0.009318	0.01043	0.9413	5.9462	2.9731
(3)	0.00243	0.002726	0.00792	0.9476	5.9851	2.9925
(4)	9.82E-6	9.588E-5	0.00665	0.9501	5.9998	2.9999
(5)	6.9E-6	8.605E-5	0.00664	0.9501	5.9998	2.9999

Analisando os dados da Tabela V, podemos concluir que quanto maior a disponibilidade do sistema, menores são os valores das métricas probabilidade do *buffer* de rede estar cheio, taxa de perda por *timeout* e taxa de perda por falhas. Podemos concluir também que há um aumento da taxa de utilização, vazão e número de pessoas sendo atendidas ao aumentarmos a disponibilidade. Os cenários 4 e 5 mostram pouca importância do componente Rede para a disponibilidade e desempenho do sistema avaliado, logo este componente não precisaria ter redundância.

VI. TRABALHOS RELACIONADOS

Ewi *et. al* [22] utiliza um método hierárquico e propõe modelos híbridos combinando diagramas de blocos de confiabilidade e redes de Petri. O objetivo foi avaliar a disponibilidade de um *datacenter* virtual em uma nuvem computacional, analisando mecanismos de *backup* e migração de máquinas. O trabalho apresenta algumas vantagens e desvantagens do uso computação em nuvem no cenário avaliado.

Em [23] foi utilizada uma solução *open source* de armazenando em nuvem privada para armazenar dados científicos em uma universidade. Os autores demonstram que o uso dessa solução torna rápida, eficiente e fácil o gerenciamento de dados na nuvem, além de trazer facilidades de sincronização e colaboração entre os usuários. Resultados semelhantes foram encontrados por [24] onde solução semelhante foi utilizada em uma faculdade.

Contudo, nenhum dos trabalhos pesquisados propôs uma abordagem integrada para avaliação de desempenho e disponibilidade desses serviços de armazenamento em nuvem privada.

VII. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo avaliar de forma integrada a disponibilidade e o desempenho de um serviço de armazenamento em nuvem privada. Para desenvolvimento do ambiente foi utilizada a plataforma *Eucalyptus*. Para se computar as métricas de disponibilidade e desempenho foram utilizados modelos em diagramas de blocos de confiabilidade e rede de Petri estocásticas.

Os valores obtidos para disponibilidade foram de 0.98466 em um cenário sem replicação e de 0.99991 para um cenário com todos os componentes replicados. Além de métricas de desempenho onde se observou uma taxa de utilização do sistema de 95%.

Para trabalhos futuros, pretende-se avaliar os componentes de *LoadBalancer* e elasticidade da plataforma *Eucalyptus*, bem como agregar esses componentes ao modelo SPN, avaliando novamente os cenários com base nas métricas estabelecidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FACEPE e ao CNPQ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] M. Casserly. (2016, Janeiro) Best cloud storage services 2016 uk. [Online]. Available: <http://www.pcadvisor.co.uk/test-centre/internet/14-best-cloud-storage-services-2016-uk-3614269/>

[2] B. Calder. (2015, Dezembro) Windows azure storage – 4 trillion objects and counting. [Online]. Available: <https://azure.microsoft.com/en-us/blog/windows-azure-storage-4-trillion-objects-and-counting/>

[3] Microsoft. (2015, Dezembro) Microsoft by the numbers - the enterprise cloud. [Online]. Available: <http://news.microsoft.com/cloud/index.html>

[4] S. Gaudin. (2015, Dezembro) Hybrid cloud adoption set for a big boost in 2015. [Online]. Available: <http://www.computerworld.com/article/2860980/hybrid-cloud-adoption-set-for-a-big-boost-in-2015.html>

[5] K. Nielsen. (2015, Novembro) Top ten advantages of using online storage services. [Online]. Available: <http://online-storage-service-review.top10reviews.com/top-ten-advantages-of-using-online-storage-services.html>

[6] Top10CloudStorage.com. (2015, Novembro) Cloud computing – disadvantages. [Online]. Available: <http://www.top10cloudstorage.com/advice-article/cloud-computing-disadvantages/>

[7] J. Duffy. (2015, Outubro) The best cloud storage services for 2015. [Online]. Available: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2413556,00.asp>

[8] P. Mell and T. Grance, “The nist definition of cloud computing,” 2011.

[9] J. Araujo, P. Maciel, M. Torquato, G. Callou, and E. Andrade, “Availability evaluation of digital library cloud services,” in Dependable Systems and Networks (DSN), 2014 44th Annual IEEE/IFIP International Conference on. IEEE, 2014, pp. 666–671.

[10] H. P. Enterprise. (2015, Junho) Hpe helion eucalyptus. [Online]. Available: <http://www8.hp.com/us/en/cloud/helion-eucalyptus-overview.html>

[11] ———. (2015, Junho) Eucalyptus documentation. [Online]. Available: <http://docs.hpcloud.com/eucalyptus/4.2.1>

[12] P. Maciel, K. Trivedi, R. Matias, and D. Kim, “Performance and dependability in service computing: Concepts, techniques and research directions, ser,” Premier Reference Source. Igi Global, 2011.

[13] C. E. Ebeling, An introduction to reliability and maintainability engineering. Tata McGraw-Hill Education, 2004.

[14] W. Kuo and X. Zhu, Importance measures in reliability, risk, and optimization: principles and applications. John Wiley & Sons, 2012.

[15] K. S. Trivedi, Probability & statistics with reliability, queuing and computer science applications. John Wiley & Sons, 2008.

[16] A. SAS. (2015, Setembro) Pydio - put your data in orbit. [Online]. Available: <https://pydio.com/>

[17] J. Dantas, R. Matos, J. Araujo, and P. Maciel, “An availability model for eucalyptus platform: An analysis of warm-standby replication mechanism,” in Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2012 IEEE International Conference on. IEEE, 2012, pp. 1664–1669.

[18] D. S. Kim, F. Machida, and K. S. Trivedi, “Availability modeling and analysis of a virtualized system,” in Dependable Computing, 2009. PRDC’09, 15th IEEE Pacific Rim International Symposium on. IEEE, 2009, pp. 365–371.

[19] M. tool developed by modes group. (2015, Setembro) Mercury. [Online]. Available: <http://www.modes.org/>

[20] Araujo, Jean, et al. “Availability Evaluation of Digital Library Cloud Services.” Dependable Systems and Networks (DSN), 2014 44th Annual IEEE/IFIP International Conference on. IEEE, 2014.

[21] E. H. Halili, Apache JMeter: A practical beginner’s guide to automated testing and performance measurement for your websites. Packt Publishing Ltd, 2008.

[22] B. Wei, C. Lin, and X. Kong, “Dependability modeling and analysis for the virtual data center of cloud computing,” in High Performance Computing and Communications (HPCC), 2011 IEEE 13th International Conference on. IEEE, 2011, pp. 784–789.

[23] Y. Sheng, J. Liu, Z. Shidong, and D. Liang, “Research and application of private cloud storage platform in high schools based on seafire,” in Intelligent Networks and Intelligent Systems (ICINIS), 2013 6th International Conference on. IEEE, 2013, pp. 25–28.

[24] T. Hildmann and O. Kao, “Deploying and extending on-premise cloud storage based on owncloud,” in Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW), 2014 IEEE 34th International Conference on. IEEE, 2014, pp. 76–81.

Papel de las TIC en la Co-creación de Valor Sostenible en Sistemas Producto-Servicio

Role of ICT on Sustainable Value Co-creation in Product-Service Systems

Carlos H. Hurtado J.; Xavier Ferràs; Nuria Arimany

Facultad de Empresas y Comunicación
Universidad de Vic y Central de Catalunya
Vic (Barcelona), España
hurtadoja@gmail.com

Dulcinea Mejjide

Soporte a la Dirección de Operaciones
Aquambiente Servicios para el Sector del Agua SAU
Barcelona, España
dmejjide@agbar.es

Resumen — La globalización e internacionalización de los mercados obliga a las empresas a buscar nuevas oportunidades para su supervivencia y adaptación, razón por la cual en este artículo se resalta el papel de las TIC como herramientas imprescindibles para el emergente régimen de competencias, principalmente en el mercado Business to Business (B2B). En la actual etapa de desarrollo de nuevos valores en sostenibilidad, las TIC se destacan como un factor esencial para la co-creación e innovación a través de la creciente servicificación de la industria, al presentarse como un nuevo instrumento de soporte para la gestión estratégica y competitividad empresarial.

Palabras Clave – TIC; Co-creación; SPS; Sostenibilidad.

Abstract — Globalization and internationalization of markets force at companies to seek new opportunities for survival and adaptation, reasons why in this article is highlighted the role of ICT as essential tools for the emerging system of skills, particularly, in the market Business to Business (B2B). At the present stage of development of new values in sustainability, ICT are highlighted as an essential factor for co-creation and innovation through the growing servicification of industry by presenting itself as a new support tool for strategic management and business competitiveness.

Keywords - ICT; Co-creation; PSS; Sustainability.

I. INTRODUCCIÓN

Las compañías están afectadas cada vez más por lo que se interpreta como las crisis mundiales, de los cuales la crisis financiera, la crisis energética y la crisis del cambio climático son ejemplos destacados que actualmente ostentan una mayor relevancia a escala global [1][29]; por lo tanto, saber afrontar la actual o futura crisis mundial depende de cómo las empresas se enfrentan al desafío de adoptar políticas acordes a la dinámica global relativa a la integración de metas de desarrollo sostenible en la estructura del negocio. De igual forma, la dinámica del mercado hace que éstas hagan frente a desafíos de competitividad y diferenciación, donde la clave del éxito en un mundo abierto y globalizado radica en contar con ecosistemas de innovación más potentes, bien articulados y en línea con los mercados mundiales del siglo XXI [35]; en este sentido, algunos autores aseveran que la vieja dicotomía entre el

producto y el servicio está siendo sustituida por la actual servicificación o sistemas-producto-servicio (SPS); prueba de esto son los datos de la Organización Mundial del Comercio, en los que se afirma que casi dos tercios de la producción mundial generada y casi el 20 por ciento del comercio mundial corresponden al sector servicios [3]. Este proceso de servicificación es visto como fuente de oportunidades, pero para hacerlas realidad, es necesario ser conscientes de que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han revolucionado la forma en que interactuamos con el resto del mundo [55].

Las TIC hacen que el mercado se esté convirtiendo en un foro de conversación, gracias a la interacción entre los consumidores, las comunidades de consumidores y las compañías [14][43]; a raíz de esto, la interacción entre la empresa y el consumidor se ha convertido en un factor esencial para la creación y extracción de valor [40]. Por consiguiente, surge una duda que plantea la conjunción de diversas incógnitas ¿Cómo pueden contribuir las TIC a mejorar los procesos de co-creación de valor sostenible en los sistemas producto-servicio? Para dar respuesta a esta pregunta era importante entender la influencia o papel de las TIC en cada uno de los aspectos que la componen:

- ¿Cuál es el papel que desempeñan las TIC en los negocios y la cadena de suministro?
- ¿Cuál es el papel que desempeñan las TIC en la co-creación de valor e innovación?
- ¿Cuál es el papel que desempeñan las TIC en la proposición de valor de un SPS?
- ¿Cuál es el papel que desempeñan las TIC frente al desarrollo sostenible?

El objetivo de esta investigación es analizar el papel que desempeñan las TIC para contribuir a gestionar los SPS y en qué medida este hecho puede influir en la valoración positiva de la co-creación de valor en sostenibilidad. En este trabajo, los autores se apoyan en la naturaleza de la Lógica Dominante del Servicio -LDS- [58], las Organizaciones de Colaboración en Red -OCR- [9] y las Redes de Conocimiento Experimental -RCE- [21][52]; se consideraron estos marcos conceptuales

como bases del proceso de gestión de la co-creación y para ilustrar la contribución práctica de las TIC como instrumentos soporte de los SPS. Finalmente, se persigue construir una herramienta que facilite la organización sistemática de aspectos clave entre dos empresas, situando al cliente de forma explícita en el mismo nivel de importancia que el proveedor para ajustar la propuesta de valor.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Las TIC son un conjunto de tecnologías heterogéneas y complejas, que comprenden desde una comunicación simple hasta las aplicaciones interactivas y altamente inteligentes en los sistemas de gestión y control de datos; sin embargo, no tienen una definición universal y son empleadas a menudo como un sinónimo extendido de la tecnología de la información (TI) [42]; por tanto, en virtud de su amplitud conceptual, en el presente documento se hablara de las TIC considerando a las TI dentro de la misma.

A. Papel fundamental de las TIC en los negocios y la cadena de suministro

La globalización se ha convertido en un riesgo para las compañías que insisten en prácticas pasadas mientras no desarrollen e implementen nuevas estrategias para aumentar su competitividad; expertos macroeconómicos sostienen (con base en que la economía del conocimiento es todo lo que nos rodea) que los países desarrollados no tienen futuro en una economía globalizada a menos que se especializan en actividades intensivas en conocimiento; prueba de esto es la creciente proliferación de bienes y servicios soportados por las TIC, algo que hasta hace unos pocos años era casi inaudito [11][38][56].

La Unión Europea en su programa de trabajo 2016-2017 de Horizonte 2020 asegura que las economías basadas en el conocimiento, impulsan el crecimiento económico; esta afirmación se basa en los informes de los grupos de expertos en servicios empresariales [17] y en Tecnologías Facilitadoras Esenciales (TFE's)[18]. Para Ericson, et al., [14], en la moderna estrategia empresarial es cada vez más indiscutible el valor del conocimiento; es decir, éste no sólo se utiliza para optimizar las tareas específicas de producción, también se captura y se transfiriere a otras áreas en las que puede ser ventajosamente empleado. Su gestión no sólo debe cumplir con el objetivo de formalizar lo que sabe hacer la empresa (manufactura, servicios), sino que también se extiende a dominios de desarrollo, diseño e innovación [57]. La Comisión Europea en el informe 2014 advierte que las distinciones utilizadas en el pasado entre los servicios y la industria se han vuelto cada vez más difusas; así, en las compañías manufactureras es cada vez más frecuente la adición de servicios complementarios a sus productos, y a su vez las prestadoras de servicios llevan a cabo tareas que hasta hace poco se realizaban por los fabricantes [17]; la idea de la servicificación tiene como base la gestión del conocimiento, es decir, en lugar de pensar en el diseño de productos o servicios, los ingenieros deben pensar en el "valor" que estos aportan [30][35].

La internacionalización de los mercados, la economía del conocimiento, la servicificación y el comercio electrónico se encuentran entre los fenómenos interrelacionados que plantean

nuevos retos para la supervivencia y la adaptación de las organizaciones; en este sentido, las TIC desempeñan hoy en día un papel organizativo fundamental que vincula en red tanto a las partes que contribuyen en los procesos de diseño y producción, como al consumidor final [3][19]; su adopción, aumenta el potencial de contacto en red de las empresas y por tanto una mayor interacción entre sus actividades físicas y virtuales [9][35][56] declaró que en los últimos años las TIC se han convertido en un elemento importante para la competitividad, y son consideradas uno de los factores de desarrollo más influyentes en el siglo 21; por lo tanto, su papel en el crecimiento comercial y económico no debe ser subestimado.

La cooperación entre los proveedores de servicios y productos en la cadena de valor se está intensificando, esta tendencia está en gran medida soportada por la digitalización de la economía, y lo más probable es que esto se siga profundizando en los próximos años, dando lugar a una cada vez más fuerte creación de redes de interconexión en la industria y los servicios [17]. Algunos autores reseñan la importancia de las RCE, las cuales se fundamentan en que la realización de negocios en un entorno de redes de interconexión mejora la capacidad de las empresas para identificar y desarrollar relaciones a nivel internacional [24][52]. Para Galis & Gavras (2013)[21] el avance de las redes de interconexión (networking) también deben ser flexibles para los clientes, con el fin de hacer frente a los nuevos desafíos de adaptación y facilitar una comunicación asequible a todos los dominios del negocio. El volumen abrumador de información que se produce hoy día en diferentes ámbitos ha dado lugar a considerables mejoras en contextos B2C y B2B; esto ha sido posible gracias a la creciente ubicuidad de dispositivos móviles, herramientas de seguimiento, sensores y principalmente al económico almacenamiento informático; las actuales evidencias sugieren que esta tendencia va a continuar, ya que la disponibilidad de herramientas "always-on" se expande y el costo de acceso a internet sigue disminuyendo [2][28]. Algunos autores opinan que las organizaciones que hacen bien la gestión y almacenamiento de información podrán dar rienda suelta a nuevas capacidades organizacionales y de generación de valor respecto a su actividad [21][34][41][56].

La Comisión Europea en TIC's señala que a través de éstas herramientas se apuntala la innovación y la competitividad en una amplia gama de sectores de mercado y se asegura el fortalecimiento de las raíces de las futuras cadenas de valor, así mismo, tienen un gran potencial para impulsar la competitividad y apoyar el crecimiento; por consiguiente, para abordar este tema de una manera integral, la Comisión busca identificar aquellas tecnologías facilitadoras esenciales (TFE) que puedan potenciar las capacidades de la industria europea, para mejorar su competitividad y sostenibilidad; para esto, alrededor del 30% del presupuesto de Horizonte 2020 estará dedicado a las actividades que integren diferentes TFE's [19]. Las TIC se están convirtiendo en una infraestructura facilitadora imprescindible del nuevo régimen de competencias, y en el mercado B2B, se percibe su impacto en la gestión de la cadena de suministro [41]; específicamente, Schenkel, et al., [54] hallaron que simplifican los procesos de

creación de valor gracias a que facilita la colaboración en red; Rosenzweig [51] observó una alta contribución en la estrategia de operaciones en el ámbito de e-business; Zhang, et al., [61] confirmaron el efecto positivo directo e indirecto de las TIC en el rendimiento y en la gestión de las cadenas de suministro; esto se debe a que son herramientas que permiten la acumulación de múltiples funciones y se transforman en parte fundamental que facilita la organización y coordinación de las redes globales de producción [11].

B. Papel que Desempeñan las TIC en la Innovación y Co-Creación de Valor

La creciente importancia de la llamada economía del conocimiento continuara cambiando la imagen de la economía, los negocios y la creación de valor en torno a ellos [6]; esto se debe a que actualmente, el aumento de conocimiento, know-how y el capital intelectual (como parte de los activos intangibles de la entidad -A.I-) contenido en productos y servicios ha cobrado hoy gran importancia, por lo tanto, crear más valor en los productos, aumentar la productividad y mejorar la competitividad global, exige la necesidad de elevar los activos intangibles (A.I) al interior de las organizaciones, por cuanto generan mayor valor económico en el corto, mediano y largo plazo [4][13][14][38][43][57]. Actualmente, una empresa no depende tanto de los activos tangibles como de los intangibles, como consecuencia, el potencial de una organización para crear valor es también un aspecto difícil de definir, explicar y gestionar con precisión; en las empresas, esto representa un desafío y una oportunidad. En este sentido, se entiende que el éxito de las compañías depende del genio simple y perdurable de las buenas ideas, y de la necesidad de convertir esas ideas en valor [13]; no obstante, el valor es un borroso concepto, cuya definición depende de cómo y en qué contexto se usa, así como por quién [14].

El significado de valor y el proceso de creación de valor están cambiando rápidamente, desde un punto de vista centrado en productos y servicios, hacia el valor que ofrece las nuevas experiencias de consumo [43]; las percepciones de valor son diferentes y varían según el contexto, las experiencias y las perspectivas del usuario o consumidor; el mercado se está convirtiendo en un foro de conversación e interacción entre los consumidores, las comunidades de consumidores y empresas [7][25][27][37]. La creciente disponibilidad de información hace que consumidores activos en red estén cada vez más co-creando valor con la empresa; ésta interacción se está convirtiendo un lugar de creación de valor y extracción de valor [40][50]; Camarinha-Matos & Afsarmanesh [11] declararon que la llamada sociedad del conocimiento se han transformado en un recurso fundamental para las organizaciones, dado que poseen un conocimiento que genera valor; por consiguiente, es este diálogo en las redes el que origina un ecosistema de innovación y creación de valor. El director del Centro Internacional de Comercio y Desarrollo Sustentable ha señalado la importancia de los ecosistemas de innovación como fuentes para el desarrollo de capacidades y oportunidades de negocio, elementos clave de competitividad en un mundo abierto y globalizado [29][35]; en el mercado actual una empresa ya no es más competitiva por su tamaño, su escala, su fuerte organización jerárquica, su control estricto sobre los procesos o su avanzado departamento de I+D, las

nuevas tecnologías han cambiado el paradigma de creación de valor, por lo que los las empresas, los trabajadores y los clientes tendrán que trabajar en conjunto y de manera compatible para crear nuevas formas de valor [21][18].

Las TIC han revolucionado la forma en que interactuamos con el resto del mundo, hay nuevos servicios, muchos de los cuales son cruciales para mejorar la competitividad e incluso servicios que hasta ahora requerían la proximidad del proveedor y el consumidor en un futuro próximo podrán prestarse a distancia [55]; prueba de esto es que clientes con mayor conocimiento, están más dispuestos a negociar no solo el precio de los productos y servicios, sino también otras condiciones de transacción [25][28]; desde este panorama, aumenta la importancia en establecer estrategias de negocios pensando en ecosistemas de innovación y co-creación como una oportunidad de mejora dentro de la cadena global de suministro, y en esta línea se sitúa la Lógica Dominante del Servicio (LDS).

La LDS puede resultar de especial utilidad para orientar la estrategia de la empresa, dado que su aspecto central es la proposición de que el cliente se convierte en un co-creador de valor; en ella se establece que el conocimiento es la principal fuente de ventajas competitivas sostenibles, por lo tanto, la verdadera creación de valor reside en la capacidad de combinar conocimiento y capacidades para generar utilidad; sin embargo, se sabe relativamente poco acerca de cómo los clientes se involucran en la co-creación de valor [3][25][37][40][58]. Otra premisa de este enfoque establece que las organizaciones no entregan valor, sino que tan sólo hacen propuestas de valor, dado que éste es creado por los clientes mediante interacciones asociadas con los productos o servicios [36]. No obstante, otros autores reconocen que las propuestas de valor pueden ser co-producidas por clientes y empresas, es decir, se puede colaborar en la co-creación de nuevos servicios o productos de tal forma que la empresa interactúa y negocia con sus clientes para desarrollar una propuesta de valor ajustada a cada contexto [25][40][43][50]. El enfoque de las Organizaciones de Colaboración en Red (OCR) también ofrecen grandes oportunidades para innovar y co-crear, debido a que se orienta en modelos de organización que utilizan las TIC para incrementar la colaboración hacia el desarrollo de oportunidades de negocio; por tanto, se trata de la interacción entre personas con diferentes conocimientos, cuando los problemas con los que trata una entidad son complejos y multidisciplinares; en los últimos años, el conocimiento se ha convertido en un recurso central, fuente adicional de crecimiento económico en las compañías [9]. Las TIC cumplen la función de expandir nodos de red en torno a relaciones de producción, distribución e intercambio de información, así como en los grupos de interés (clientes, comunidades de usuarios y otros); lo que permite una mayor concentración de conocimientos específicos y mejora de habilidades orientadas a la innovación y co-creación.

C. Papel que desempeñan las TIC en la proposición de valor en SPS

El sector servicios desempeña un papel central en la re-industrialización de Europa, el mercado global de servicios ya se estima en más de € 3,5 trillones y ha duplicado su tamaño en

la última década, incluso, en la relativamente madura economía europea, el sector servicios han crecido más rápido que la economía en general, entre 1999-2009, la tasa de crecimiento promedio para servicios comerciales fue del 2,38%, mientras que el promedio para todos los sectores de la economía de la UE fue del 1,1%. [17]. Con base en el PIB, las mediciones de datos de empleo y las exportaciones, el sector servicios es el de más rápido crecimiento en la economía global; la Organización Mundial del Comercio (OMC) afirma que casi dos tercios de la producción mundial generada y casi el 20 por ciento del comercio mundial corresponden al sector servicios; esto sucede gracias a que muchos productos se han transformado en servicios y a que la vieja dicotomía entre el producto y el servicio está siendo sustituida por el actual proceso de servicifización (SPS) [3].

El enfoque de desarrollo innovador, la orientación al usuario y la sostenibilidad, entre otros, son las actuales tendencias en la industria que están capturadas en el concepto de SPS, el cual está diseñado para ofrecer al cliente un valor en lugar de sólo las funcionalidades [3][32]; las principales áreas para el desarrollo de SPS son el diseño y las TIC, dado que con su integración se fortalece la innovación, ya sea porque las tecnologías agregan valor o porque con el conocimiento y experiencia del propio cliente se consiguen resultados más adecuados [53]. El desafío de tener sistemas que formulen experiencias y “know-how” técnico en la industria es todavía evidente; según la Comisión Europea, el contenido de conocimiento en productos manufacturados en 1945 fue estimado en alrededor de 5%, para el 2004 creció hasta un 16% y el objetivo para 2020 es de al menos 20% [15]; este bajo nivel de conocimiento organizacional podría deberse a una visión estrecha de lo que en realidad constituye para la industria [14]. Algunos autores coinciden en señalar que el reto de las Redes de Conocimiento Experiencial (RCE) consistiría en diversificar, reforzar y mejorar las competencias de las compañías a través de las experiencias dentro de las cadenas de valor, para aprovechar oportunidades como la intensificación de las relaciones mundiales [21][50][52]; otros remarcan la importancia del intercambio de conocimientos y experiencias entre proveedores y consumidores [3][35]; en este aspecto los SPS con alto contenido tecnológico constituyen un instrumento de vínculo dentro de las cadenas de suministro; esto se debe a que el modelo brinda la posibilidad de generar redes de intereses particulares a través de un sistema dinámico de recursos combinados, como el capital humano, la tecnología y las empresas; estas características remodelan los patrones y los papeles de co-productividad, haciendo que la distinción entre “productor” y “consumidor” sea menos clara [45][47][59]. Las TIC fortalecen la propuesta de valor y son consideradas un motor para SPS sostenibles, dado que aumentan su potencial para optimizar los procesos, operaciones y minimizar el uso de recursos; por consiguiente, no es suficiente que una empresa simplemente diseñe, manufacture y entregue productos, un cliente tiene que participar en todo el proceso [25]. Debido a todos estos atributos, existe una estrecha interdependencia entre SPS y las TIC’s [32].

D. Papel que desempeñan las TIC frente al desarrollo sostenible

Con el fin de evitar la competencia basada exclusivamente en el precio de la producción, la industria Europea necesita cada vez más concentrar su capacidad en ofrecer una amplia gama de productos y tecnologías que cumple con los requisitos del cliente, no sólo en términos de satisfacción del producto, sino también en cumplir con las expectativas ambientales y sociales que a nivel mundial se persigue [17]. Las TIC contribuyen con este propósito al facilitar la interacción empresa-cliente para aumentar el contenido de conocimientos en manufactura, optimizando la gestión de recursos y reduciendo la producción de residuos; de esta forma, éste conduce a un uso más racional y económico de materiales y energía [30][51]; no obstante, no existen datos sobre las valoraciones de los clientes frente a estas prestaciones [3][48]. Aunque este sector ofrece numerosos efectos positivos (Ej. información digital), también es percibido negativamente desde otros aspectos [60]; se ha argumentado que a lo largo de su ciclo de vida causan muchos impactos negativos [39]. Yi & Thomas [60] y Fuchs [20] consideran estos aspectos y analizan la relación de las TIC y el desarrollo sostenible; por un lado Fuchs [20] desglosa mitos populares y concluye que las intensidades de energía y de recursos del sector de las TIC emite menos CO2 que la economía en su conjunto. Por su parte Yi & Thomas [60] en su trabajo señalaron que los impactos de las TIC incluyen tres órdenes de efectos (ver tabla 1).

TABLE I. IMPACTOS DE LAS TIC’S

Orden	Origen	Impactos y Oportunidades
1°	Surgen por la existencia física de las TIC	Emisiones de gases de efecto invernadero, residuos electrónicos, sustancias peligrosas, radiación electromagnética, y el consumo de recursos durante la fabricación y venta de hardware
2°	Surgen por el uso continuo y la aplicación de las TIC	Aumento de la eficiencia, la transparencia, la velocidad de transacciones, aumento de la productividad de los recursos, la contratación electrónica, la personalización en masa.
3°	Surgen por los efectos agregados de un gran número de personas que utilizan las TIC	Respuesta de las empresas y los consumidores a una mayor productividad y ahorro de recursos a partir de la utilización de TIC

Yi & Thomas [60] señalan también la importancia de la sociedad del conocimiento como factor para alcanzar resultados en DS; Fuchs [20] señala que el reto de esta sociedad está en emplear la información para hacer un consumo consciente de productos y servicios, con el fin de exigir una reducción de residuos, de utilización de recursos, así como de mejoras de eficiencias y costes en procesos de manufactura.

El sector de las TIC ha sido identificado como un jugador potencial en la lucha contra el cambio climático, en particular, desempeña un labor en la mejora de la eficiencia energética y como el motor del crecimiento sostenible en una economía de bajas emisiones de carbono [39]; en este sentido, la Comisión

Europea han explorado y analizado el potencial de las TIC ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las industrias intensivas y responder a los retos de la sociedad, la estabilidad financiera y la generación de conocimiento [16]. Desde un enfoque sostenible, es posible ser más rentable dentro de la cadena de suministro, por tanto, el papel que desempeñan las TIC en la co-creación de valor en sostenibilidad tiene una relación directa con los aspectos de orden 2 y 3 señalados en la Tabla 1.

III. ANÁLISIS DEL CONTEXTO RELACIONAL DE LAS TIC

El ritmo de la innovación tecnológica en TIC se ha acelerado de forma espectacular, y el sector hoy es de mayor magnitud de lo que era hace 20 años, y abarca un universo más diverso de participantes que nunca antes [31]; la revolución de las TIC también ha llevado a una explosión en la internacionalización de todos los tipos de productos y/o servicios que estén o puedan verse mejorados por su implementación; desde el panorama mundial, el sistema global depende de tecnologías, comunicaciones y sistemas de información eficientes, además de una excelente gestión de productos y servicios para responder de forma inmediata a las demandas del mercado. La cuestión de cómo contribuye la implementación de las TIC en procesos de co-creación de valor en SPS debe ser examinada desde las perspectivas de oferta y demanda; donde la oferta se refiere a la disponibilidad de TIC para la gestión de aspectos de “sostenibilidad en sistemas-producto-servicio” (SSPS); el lado de la demanda se refiere a la naturaleza y relevancia de la información para cuantificar el valor creado y facilitar su análisis [10][47].

A. Contextualización del SPSS -Demanda-

Con base en lo anterior, se establece como punto de partida la percepción de valor del cliente para determinar el tipo de información que facilita su cuantificación; según la LDS, la verdadera creación de valor reside en el cliente y en sus relaciones asociadas con los productos y servicios; por consiguiente, es importante entender que la propuesta debe ser co-producida tanto por el cliente como por la empresa; en tal sentido es conveniente empezar por comprender el contexto del negocio y el papel que desempeñan las TIC a un nivel más granular. En la Figura 1. se observan 6 preguntas que permiten establecer el marco de valor asociado al negocio; también se indica el papel que cumplen las TIC dentro de este marco, siendo el valor el lenguaje común que hace que proveedor y cliente permanezcan en continua creación e innovación. Al responder las preguntas se advierte la necesidad de conocer con más detalle la influencia de los recursos operantes en torno al negocio, creando el clima organizativo adecuado para incorporar la voz del cliente y apreciar su participación en el

desarrollo de los SSPS (Figura 1).

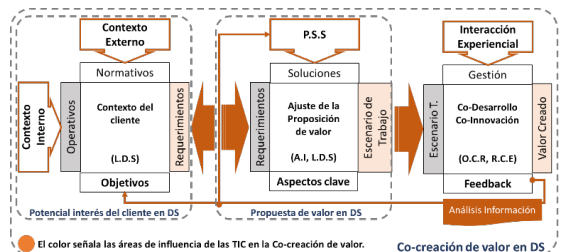
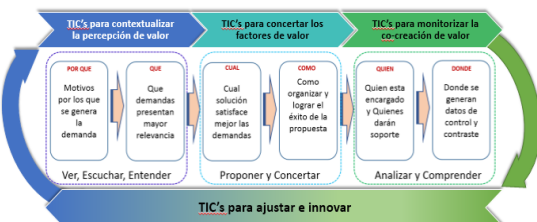
Figure 1. Papel de las TIC en la cadena de valor de un SPS.

Comprender el SPSS a un nivel más granular permite responder a los cambios en los patrones de uso a medida que ocurren, y son las TIC los eslabones "claves" para componer ecosistemas de negocios e innovación dentro de la cadena de suministro, lugar en el cual se perciben estos cambios y proporcionan un entorno ideal para que los interesados intercambien impresiones, contenidos, aplicaciones y servicios; de esta manera se promueve el desarrollo de soluciones con mayor potencial para crear valor [8][29]. La contribución de la LDS es la identificación de los recursos organizativos operantes para el diseño y ejecución del SSPS, es decir, construir redes de interacción con alto potencial conductor para la creación de valor; de esta forma las TIC contribuyen a la integración y dinámica tanto de los negocios dentro de la cadenas de suministro como también de ecosistemas basados en conocimientos o habilidades; aspectos clave para un desarrollo más sostenible y para alcanzar una mayor ventaja competitiva; en un contexto práctico se propone:

- Utilizar la información procedente de las interacciones para mejorar la propuesta de valor constantemente (contexto externo y contexto interno)
- Fomentar relaciones que impliquen a los clientes en el diseño y desarrollo de propuestas de valor ajustadas a sus expectativas.
- Identificar naturaleza y relevancia de indicadores de desempeño clave para cuantificar el valor creado y evaluar su evolución.
- Identificar otras entidades para intercambiar competencias, conocimiento y experiencias necesarios para obtener ventajas competitivas.
- Desarrollar nuevas competencias.

Se formula unas matrices de referencia para la construcción de una RCE orientada al SSPS (Figura 2); en esta red intervienen inicialmente proveedor-cliente para diseñar la propuesta de valor (LDS); posteriormente se plantea las interacciones abiertas con las OCR, con el fin de intercambiar conocimientos y experiencias que conduzcan a alcanzar resultados superiores; esta interacción abierta conduce establecer enfoques basados en aprendizaje y adaptación.

Las estructuras de RCE dan acceso a nuevas habilidades y conocimientos, reduciendo la probabilidad de riesgos asociados y facilitando la integración de competencias complementarias; de esta forma, se mejora la adaptabilidad y la flexibilidad de los SPSS creando OCR para reaccionar en respuesta a factores externos. Estas redes empresariales estratégicas permiten que sus ecosistemas de innovación y negocios se solapen para que exista una sincronización entre la dinámica de la industria, y la



evolución de las necesidades y preferencias de los clientes.

Figure 2. Influencia de las TIC en el proceso de co-creación.

B. Plataformas de interacción TIC –Oferta-

Algunos investigadores resaltan la interacción y dialogo entre proveedor-cliente como espacio de concertación para diseñar propuestas de valor más ajustadas a sus expectativas [5][9][36]; otros resaltan los procesos de interacción por su capacidad relacional para cambiar, transformar y mejorar los recursos y las actividades de las organizaciones involucradas [26][52]; desde esta perspectiva, es importante determinar la oferta o disponibilidad de TIC que permita establecer estos lugares de interacción y dialogo. Dentro de las redes relacionales que facilitan las TIC, los procesos de intercambio de conocimientos y experiencias pueden ser únicos y diferentes para cada cliente, por lo tanto, las ventas y transacciones de compra son sólo una parte de una serie de interacciones entre las compañías; los conceptos LDS, OCR y RCE reconocen la importancia de mantener relaciones, centrándose en la calidad de la experiencia; por lo tanto, para facilitar este proceso, se planteó elaborar un instrumento que sirva como marco de entendimiento entre dos empresas B2B. Para el diseño de este instrumento se consideraron 2 elementos; el primero es un Modelo Canvas de Osterwalder [44] que describe la lógica de cómo una organización genera y entrega valor; el segundo es la matriz relacional que establece una RCE para la co-creación de valor desde la perspectiva del cliente (Figura 2). El marco de desarrollo del instrumento tuvo como base:

- Contextualizar el interés del cliente: Evaluación de contextos específicos para el desarrollo de la propuesta de valor orientada a los actores clave.
- Concertar la propuesta de valor: Interacción entre los actores clave para el diseño, perfeccionamiento o ajuste de la propuesta de valor.
- Gestión para co-crear valor: Integración de recursos, actividades, recursos y alianzas clave para crear valor dentro del SSPS.

Este instrumento de entendimiento proporciona una estructura para el perfeccionamiento o ajuste de la propuesta, a partir de la cual, se determinan los factores condicionantes para la co-creación dentro del SPSS; en este instrumento se considera que no todos los actores y no todos los procesos tienen que estar bajo evaluación constante (Figura 3).

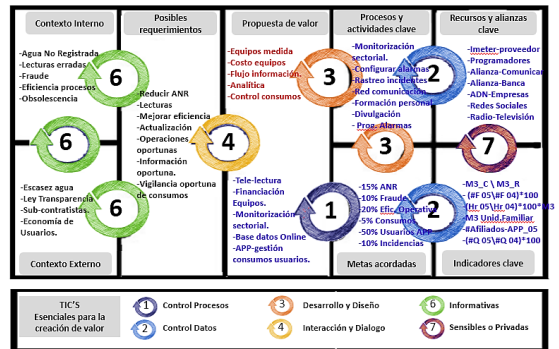
IV. CO-CREACIÓN DE VALOR EN MODELOS B2B

Teniendo en cuenta que el foco de una cadena de suministro ha de ser la creación de valor y no exclusivamente la distribución del mismo [22]; cobran mayor importancia la sostenibilidad de PSS como modelos altamente adaptables que facilitan la participación de los interesados en el diseño de propuestas de valor [3][32][45][47][59]. Aprender conjuntamente con clientes puede convertirse en una estrategia clave para incrementar la capacidad empresarial, y para esto, las TIC presentan un gran potencial de colaboración; esto encaja bien con los conceptos de LDS, RCE y OCR como enfoques de co-creación para alcanzar habilidades de desarrollo e innovación responsable en un complejo mundo industrial, y así poder materializar logros en sostenibilidad a través de la cadena de suministro; esta lógica significa que la colaboración

y desarrollo conjunto debe considerarse como conductores del proceso de creación de valor.

Co-creación es un factor de vínculo clave entre la empresa y el cliente, lo que significa, que desde la empresa se elabore la propuesta de valor del SPSS de forma consensuada, para que realmente se adapte a su contexto; por lo tanto, es necesario establecer un entorno en el que los clientes pueden tener un diálogo activo y compartir experiencias personalizadas que favorezcan el co-desarrollo y la co-innovación. En estos ecosistemas de interacción el SPSS puede ser el mismo, pero los clientes pueden construir diferentes escenarios, lo que permite la evolución de los SPSS mediante el aprendizaje dentro de los entornos de intercambio experiencial en tiempo real. Al comprender la importancia y el papel que cumplen las TIC, es necesario considerar las plataformas clave para establecer los ecosistemas de negocio, innovación, desarrollo y co-creación, de esta forma se incentiva a clientes y otras empresas a participar en el perfeccionamiento de los SSPS que representen su inversión. En este sentido, el instrumento de entendimiento permite a los actores no solo reconocer los factores para la estimación del valor creado, también permite determinar las TIC's y las plataformas de interacción más propicias para esta labor (Figura 3).

El Modelo Canvas [44] consiste en resolver sobre un lienzo nueve módulos esenciales, de tal manera, que estos permiten construir un modelo de negocio con base en la propuesta de valor que emerge desde la empresa. La interpretación de los modelos de negocio es dinámica y está ligada a los constantes cambios del mercado, por consiguiente, las propuestas de valor concebidas para éstos también deben ajustarse o adaptarse a los nuevos requerimientos del mercado; en este sentido, el instrumento de entendimiento que se propone en este artículo consiste igualmente en resolver 9 módulos vinculados entre sí a través de TIC específicas; su propósito es el de ajustar la propuesta de valor del SPSS mediante procesos de co-creación y co-desarrollo dentro de un entorno de redes de interacción (OCR, RCE). No todos los clientes poseen el mismo nivel de desarrollo tecnológico, por lo tanto, este instrumento ayuda a designar las TIC y/o plataformas que conformarán el entorno



de interacción proveedor-cliente, así como el grado de participación en las mismas.

Figure 3. Instrumento de entendimiento.

El dialogo activo que ofrecen los entornos de interacción y participación (designados en cada módulo) facilitan el poder identificar la variación de los contextos particulares del cliente de manera oportuna; este dialogo proporciona información asociada a requerimientos potenciales debidos a los cambios ocurridos durante periodos de tiempo estandarizados (3 módulos lado izquierdo) y así la empresa puede responder apropiadamente con una propuesta de valor adaptable y flexible frente al nuevo escenario. Las TIC definidas en el módulo central han de estar soportadas de tal forma que proporcionen suficiente información para la toma de decisiones y concertar la propuesta de valor de forma ágil entre el proveedor y el cliente. Las TIC de los 2 módulos superiores del lado derecho deben facilitar la gestión y el desarrollo tanto de procesos como de actividades clave, así como los recursos y alianzas empresariales necesarias para establecer una cooperación e intercambio de conocimientos y experiencias que generen valor dentro del SPSS y en toda la cadena de suministro; de esta forma se persigue alcanzar un mejor acompañamiento y aumentar la confianza en el proceso de co-desarrollo. Las TIC designadas en los 2 módulos inferiores del lado derecho han de facilitar el seguimiento y control integral del SPSS de tal forma que permita evaluar y controlar su desempeño (indicadores clave) y determinar claramente el alcance de metas respecto a la co-creación de valor sostenible.

El modulo aislado de la parte baja del cuadro, recoge el número, clase y tipo de TIC necesarias para cumplimentar la información que debe albergar cada uno de los módulos para periodos de tiempo estandarizados; éste listado y el conjunto total de módulos provee un esquema a través del cual se establecerán las redes de interacción que facilitaran la dinámica del SSPS. La clave para co-crear valor es co-producir ofertas que movilicen los clientes; esto significa que el cliente deja de ser un simple elemento pasivo (objetivo) para ser un elemento activo (co-productor) dentro del SSPS y en la cadena de suministro. Este es un proceso de mejora continua que siempre estará condicionado a los intereses del cliente frente a su experiencia y previsión futura de desarrollo.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El ámbito empresarial viene presentando a una serie de rápidos y profundos cambios que, inevitablemente están generando una transformación en las estrategias y modelos de negocios; en este sentido las empresas han de adaptarse a cambios continuos, derivados en gran medida a la innovación y la internacionalización de los mercados, y en este escenario, la influencia que presentan las TIC juega un papel altamente relevante, por cuanto han logrado eliminar barreras comerciales, facilitando el acercamiento entre oferta y demanda de productos y servicios en un mercado cada vez más globalizado; gracias a este soporte, hoy día son más ágiles los procesos de negocio y a su vez es más exigente el nivel de competencia entre empresas; por todo esto y sin ligar a dudas, uno de los mayores catalizadores de la transformación del mercado lo constituyen las TIC, por lo tanto, alcanzar beneficios derivados de su utilización supone uno de los retos más importantes no solo en ámbitos del mercado industrial, también lo es en el escenario de responsabilidad y sostenibilidad que deben cumplir las empresas. En la actualidad un gran número de discusiones académicas que abordan el

concepto de valor tanto en las TIC como el Sistema-Producto-Servicio se centran principalmente en aspectos relacionados con sistemas de soporte, infraestructuras de redes, desarrollo industrial y gestión de capital y recursos; sin embargo, hay muy pocos estudios que combinen sistemáticamente estos planteamientos y que demuestran cómo las TIC y sus mecanismos de gestión podrían interactuar en la creación de valor sostenible. El propósito de este trabajo fue el encontrar una herramienta soporte que permitiera ajustar la propuesta de valor de la empresa en consenso con el cliente (co-creación) y al mismo tiempo integrar en ésta atributos de sostenibilidad; para ello se exploró la conexión que vincula las tendencias de servicificación de la industria y el papel que desempeñan las TIC en estos ámbitos. El documento aborda el reto de interrelacionar aspectos relacionados con las TIC, la sostenibilidad, la globalización y la competitividad, aprovechando las áreas de solape entre los ecosistemas de negocio, desarrollo e innovación que facilita esta composición. Como propuesta, se presentan las TIC como mecanismo facilitador para la fusión entre la gestión de productos y servicios (servicificación), y como diferencial competitivo que crea valor integral; la propuesta se fundamenta a través de 3 conceptos (L.D.S, O.C.R, R.C.E) que hacen posible una interacción diferente entre la empresa y el consumidor, por la incidencia de las TIC en las cadenas de suministro, en las redes de producción, en la innovación y en la participación del cliente como parte activa que sincroniza productos/servicios y necesidades/preferencias. Como resultado se formula un instrumento grafico que permite organizar, ajustar y estructurar el modelo de negocio de la empresa ampliando las posibilidades para co-crear valor dentro de la cadena de suministro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Alier, J. M. (2009). Socially Sustainable Economic De - growth. *Development and change*, 40(6), 1099-1119.
- [2] Ahokangas, P.; Ailila, H.; Helaakoski, H.; Kyllönen, V.; Lehtimäki, T.; Peltomaa, I.; Seppänen, V.; Tanner, H. (2015). *Collaborative Business Networks of the Future*. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd. Printed in Grano, Kuopio 2015. First ED. Pag. 1-36.
- [3] Athanenas, A. L. (2015). Value Co-Creation in Services: An Economic Perception on the State of the Art in Economics, ICT vs. Marketing. *Procedia Economics and Finance*, 33, 398-410.
- [4] Axtle-Ortiz, M.A. (2013). Perceiving the value of intangible assets in context. *Journal of Business Research*, Volume 66, Issue 3, Pages 417-424.
- [5] Ballantyne, D.; Frow, P.; Varey, R. J.; & Payne, A. (2011). Value propositions as communication practice: Taking a wider view. *Industrial Marketing Management*, 40(2), 202-210.
- [6] Beattie, V.; Smith, S.J. (2013). Value creation and business models: Refocusing the intellectual capital debate. *British Accounting Review*, Volume 45, Issue 4, Pages 243-254.
- [7] Biju, P.L.; Shalij, P.R.; Prabhushankar, G.V. 2015. Evaluation of customer requirements and sustainability requirements through the application of fuzzy analytic hierarchy process. *Journal of Cleaner Production*. [Online Accessed 12/09/2015], doi:10.1016/j.jclepro.2015.08.051.
- [8] Blau, B.; Krämer, J.; Conte, T.; & Van Dinther, C. (2009). Service value networks. In *Commerce and Enterprise Computing, 2009. CEC'09. IEEE Conference on* (pp. 194-201). IEEE.
- [9] Camarinha-Matos, L.M.; Afsarmanesh, H.; Galeano, N.; Molina, A. (2009). Collaborative networked organizations – Concepts and practice in manufacturing enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, Volume 57, Issue 1, Pages 46-60.

- [10] Chen, D.; Chu, X.; Li, Y. (2014). Applying platform design to improve product-service systems collaborative development. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 434, pp. 107-116.
- [11] Dahlman, C. (2007). Technology, globalization, and international competitiveness: Challenges for developing countries. *asdf*, 29.
- [12] Davenport, T. H.; Barth, P.; Bean, R. (2013). How 'big data' is different. *MIT Sloan Management Review*, 54 (1).
- [13] Delbecq, V.; Bounfour, A.; Barreneche, A. (2015). Intangibles and value creation at the industrial level: Delineating their complementarities. *Intangibles, Market Failure and Innovation Performance*, pp. 27-56.
- [14] Ericson, Å.; Johansson, C.; Nergård, H. (2015). Manufacturing knowledge: Going from production of things to designing value in use. *Intelligent Decision Technologies*, 9(1), 79-89.
- [15] EU-Commission. (2004). *Manufacture a vision for 2020. Assuring the future of manufacturing in Europe. Report of the High Level Group*. Pp. 1-24.
- [16] EU-Commission. (2009). *ICT impact on greenhouse gas emissions in energy-intensive industries. Impact Study No. 1/2009. A Sectoral e-Business Watch study by DIW Econ, Final Report*.
- [17] EU-Commission. (2014). *Final Report 2014: High Level Group on Business Services*. Pages 1-169.
- [18] EU-Commission. (2015a) *Final Report 2015: KET's Time to Act. High-Level Experts Group On Key Enabling Technologies*. Pages 1-102.
- [19] EU-Commission. (2015b). *Horizon 2020. Work Programme 2016 - 2017. 5.1. Information and Communication Technologies. Decision C (2015)6776*. pp 1-133.
- [20] Fuchs, C. (2008). The implications of new information and communication technologies for sustainability. *Environment, Development and Sustainability*, 10 (3), pp. 291-309.
- [21] Galis, A.; Gavras, A. (2013). *The Future Internet. Future Internet Assembly 2013: Validated Results and New Horizons. Lecture Notes in Computer Science, Volume 7858*.
- [22] Grönroos, C. (2008). *Service Logic Revisited: Who Creates Value? And Who Co-Creates?. European Manag.Review*, Vol. 20, No. 4, pp. 298-314.
- [23] Guth, K.; Poole, M. S. (2015). *Value Chain creation through Digital Innovation: The Ebb and Flow of Communality and Connectivity in a Networked Interorganizational System. In System Sciences (HICSS), 48th Hawaii International Conference on* (pp. 4191-4200).
- [24] Hilmersson, M. (2014). *Experiential knowledge types and profiles of internationalising small and medium-sized enterprises. International Small Business Journal*, 32(7), 802-817.
- [25] Hohenschwert, L.; Geiger, S. (2015). *Interpersonal influence strategies in complex B2B sales and the socio-cognitive construction of relationship value. Industrial Marketing Management*, Volume 49, Pages 139-150.
- [26] Hohenthal, J.; Johanson, J.; Johanson, M. (2014). *Network knowledge and business-relationship value in the foreign market. International Business Review*, Volume 23, Issue 1, Pages 4-19.
- [27] Jeh-Nan Pan, Hung Thi Ngoc Nguyen. 2015. *Achieving customer satisfaction through product-service systems. European Journal of Operational Research*, Volume 247, Issue 1, Pages 179-190.
- [28] Kotler, P.; Dingena, M.; Pfoertsch, W. (2016). *Guiding Customer Business Transformation. In Transformational Sales* (pp. 71-99).
- [29] Kramer, W.J.; Jenkins, B.; Katz, R.S. (2007). *The Role of the Information and Communications Technology Sector in Expanding Economic Opportunity. Corporate Social Responsibility Initiative Report No. 22. Cambridge, MA: Kennedy School of Government, Harvard University*.
- [30] Lanz, R.; Maurer, A. (2015). *Services and Global Value Chains: Servification of Manufacturing and Services Networks. Journal of International Commerce, Economics and Policy*, 6 (3), art. no. 1550014.
- [31] Lee, S.M.; Olson, D.L.; Trimi, S. (2012). *Co - innovation: convergenomics, collaboration, and co - creation for organizational values. Management Decision*, Vol. 50 Iss: 5, pp.817 - 831.
- [32] Lelah, A.; & Brissaud, D. (2013). *Clarifying frontiers of PSS and information and communication technologies. In The Philosopher's Stone for Sustainability* (pp. 441-446). Springer Berlin Heidelberg.
- [33] Levine, R. (2010). *An autopsy of the US financial system: accident, suicide, or negligent homicide. Journal of Financial Economic Policy*, 2(3), 196-213.
- [34] Lewis S.C.; Zamith, R.; Hermida, A. (2013). *Content Analysis in an Era of Big Data: A Hybrid Approach to Computational and Manual Methods. Journal of Broadcasting & Electronic Media*, Vol. 57, Iss. 1, 2013.
- [35] Luo, Y.; & Bu, J. (2016). *How valuable is information and communication technology? A study of emerging economy enterprises. Journal of World Business*, 51(2), 200-211.
- [36] Lusch, R.F.; Vargo, S.L.; Tanniru, M. (2009). *Service, value networks and learning. Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 38, No. 1, pp. 19-31.
- [37] Madhavaram, S.; Hunt, S. D. (2008). *The service-dominant logic and a hierarchy of operant resources: developing masterful operant resources and implications for marketing strategy. Journal of the Academy of Marketing Science*, 36(1), 67-82.
- [38] Marrano, M.G.; Haskel, J.; Wallis, G. (2009). *What happened to the knowledge economy? ICT, intangible investment, and Britain's productivity record revisited. Review of Income and Wealth*, 55(3), 686-716.
- [39] Martinuzzi, A.; Kudlak, R.; Faber, C.; Wiman, A. (2011). *CSR Activities and Impacts of the ICT Sector. Research Institute for Managing Sustainability (RIMAS), Working Papers, No. 5/2011*.
- [40] Meléndez-Ortiz, R. (2015). *El desarrollo de energías limpias necesita marcos regulatorios apropiados. Revista Integración y Comercio*, (19) 39, Pag. 276-283
- [41] Melynyk, S.A.; Narasimhan, R.; DeCampos, H.A. (2014). *Supply chain design: Issues, challenges, frameworks and solutions. International Journal of Production Research*, 52 (7), pp. 1887-1896.
- [42] Murray, J. (2011). *Cloud network architecture and ICT - Modern Network Architecture. IT Knowledge Exchange. TechTarget*. [Retrieved 2016-01-18]
- [43] OECD. (2013). *Supporting Investment in Knowledge Capital, Growth and Innovation. OECD publishing*.
- [44] Osterwalder, A. (2004). *The business model ontology: A proposition in a design science approach. Ecole des Hautes Etudes Commerciales de l'Université de Lausanne*.
- [45] Pardo, R. J. H.; & Bhamra, T. (2012). *Building Sustainable Product Service Systems between SMEs. In Design for Innovative Value Towards a Sustainable Society* (pp. 380-385). Springer Netherlands.
- [46] Payne, A.F.; Storbacka, K.; Frow, P. (2008). *Managing the co-creation of value. Journal of the Academy of Marketing Science*, 36 (1), pp. 83-96.
- [47] Peruzzini, M.; Marilungo, E.; Germani, M. (2014). *Functional and ecosystem requirements to design sustainable Product-Service. Advances in Transdisciplinary. Engineering*, pp. 768-777.
- [48] Petzel, R.; Archer, A.M; Fei, R. (2010). *Collaboration for sustainability in a networked world. Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, pp. 6597-6609.
- [49] Prahalad, C.K.; Ramaswamy, V. (2004). *Co-creation experiences: The next practice in value creation. J. Interactive Marketing*, 18 (3), pp. 5-14.
- [50] Romero, D.; Molina, A. (2011). *Collaborative networked organisations and customer communities: Value co-creation and co-innovation in the networking era. Production Planning and Control*, 22 (5-6), pp. 447-472.
- [51] Rosenzweig, E.D. (2009). *A contingent view of e - collaboration and performance in manufacturing. Journal of Operations Management*, Vol. 27 No. 6, pp. 462 - 78.
- [52] Sandberg, S. (2014). *Experiential knowledge antecedents of the SME network node configuration in emerging market business networks. International Business Review*, 23 (1), pp. 20-29.
- [53] Santos, M.L.; Álvarez, L.I. (2007). *"Innovativeness and organizational innovation in total quality oriented firms: The moderating role of market turbulence". Technovation Vol. 27, No. 9, pp. 514-532*.

- [54] Schenkel, M.; Krikke, H.; Caniëls, M.C.; van der Laan, E. (2015). Creating integral value for stakeholders in closed loop supply chains. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 21(3), 155-166.
- [55] Singh, H.V. (2014). Futuros desafíos para el comercio de servicios. ¿Qué deberían tener en cuenta los países en desarrollo?. *Análisis e Información sobre Comercio y Desarrollo Sostenible para América Latina*. Puentes, Volume 15, Number 3
- [56] Soni, D. 2014. International competitiveness, globalization and technology for developing countries: some reflections from previous research. *Singaporean journal of business economics, and management studies*, Vol.2, Nº.9, pp.25-34.
- [57] Valiyev, T.; Wild, E. (2014). Enhancing social knowledge management to drive performance improvement. *SPE International Conference on Health, Safety and Environment: Journey Continues*, Volume 2, 2014, Pages 766-773.
- [58] Vargo, S.L.; Lusch, R.F. (2004). Evolving to a new dominant logic for marketing. *Journal of Marketing*, Vol. 68, No. January, pp. 1-17
- [59] Vezzoli, C. (2013). System design for sustainability. In *Motivating Change: Sustainable Design and Behaviour in the Built Environment*. Earthscan/Routledge, London, UK, p. 276.
- [60] Yi L.; Thomas H. R. (2007) Review of research on the environmental impact of e-business and ICT. *Environment International*, Vol. 33, pp. 841–849.
- [61] Zhang, X.; Van Donk, D.P.; Van der Vaart, T. (2011). Does ICT influence supply chain management and performance?: A review of survey - based research. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 31 Iss: 11, pp.1215 - 1247.

IntelliSenses: Sintiendo Internet de las Cosas

IntelliSenses: Sensing The Internet of Things

Daniel Meana-Llorián, Cristian González García, B.

Cristina Pelayo G-Bustelo, Juan Manuel Cueva
Lovelles

Departamento de Informática, Universidad de Oviedo
Oviedo, España

danielmeanallorlan@gmail.com,
gonzalezgarcia cristian@hotmail.com,
crispelayo@uniovi.es, cueva@uniovi.es

Victor Hugo Medina García

Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”
Bogotá, Colombia
vhmedina@gmail.com

Resumo — El auge de Internet de las Cosas permite que cada vez existan más dispositivos conectados a Internet y por tanto más información disponible. Sin embargo, hay muchos datos que por sí solos pueden no tener mucho valor pero que combinándolos pueden ser más valiosos. Esto también es aplicable a la información obtenida por los sentidos del cuerpo humano. El cuerpo humano hace uso de los sentidos para recopilar datos del entorno, y combina esa información para tomar las decisiones oportunas. Nuestra propuesta se basa en el mismo principio, la creación de un sistema dividido en varios subsistemas que simulen los sentidos humanos y un subsistema central que orqueste y tome decisiones en función de los datos obtenidos por los demás subsistemas. De este modo, y al igual que hace el cuerpo humano con los sentidos, la información obtenida por un subsistema se complementaría con la información obtenida de los demás subsistemas.

Palabras Clave – Internet de las Cosas; Sensores; Ingeniería Dirigida por Modelos; Inteligencia artificial; Sentidos.

Abstract — The popularity of the Internet of Things allows the existence of many connected devices and thus, the quantity of data available is higher. However, many data are unusable if they are alone or out of context but a combination of these data can be valuable. This idea is also present in the information gathered by the human senses. The human body uses the senses to gather data about the environment in order to take the best possible decisions taking into consideration the whole environment. Our proposal is based on the same idea. We propose the creation of several subsystems that would simulate the human senses and another subsystem capable to manage them, and take decisions based on the data gathered by all subsystems. In this way, the data gathered by one subsystem would be complemented with the data gathered by the rest of systems as the human body does.

Keywords - The Internet of Things, Sensors, Model-Driven Engineering; Artificial Intelligence; Senses.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, muchos dispositivos se encuentran conectados continuamente a Internet, desde teléfonos inteligentes hasta coches; televisores; relojes y muchos otros dispositivos. Esta tendencia es creciente con una previsión de crecimiento que pasa de 3750 millones de objetos conectados en 2014 a 25000 millones de objetos conectados en 2020 [1]. Este crecimiento de objetos conectados a Internet ha hecho que

aparezca el término Internet de las Cosas (*The Internet of Things* o IoT en inglés) y que puede ser definido como la interconexión entre objetos heterogéneos y ubicuos a través de Internet [2], [3].

Las posibilidades de Internet de las Cosas son muy amplias. En la actualidad existen diversos campos donde se aplican conceptos relacionados con IoT como las casas inteligentes o *Smart Homes* [4], los pueblos como los *Smart Towns* [5] y las *Smart Cities* [6]–[10] o ciudades inteligentes, en el medioambiente por medio de lo conocido como *Smart Earth* [10] o cualquier inteligencia distribuida en objetos heterogéneos y ubicuos, también denominados *Smart Objects*.

Internet de las Cosas puede ayudar a las personas en muchas situaciones ayudándolos a percibir el entorno y facilitándoles la vida. En [11] usan tecnologías de IoT y RFID, para ayudar a personas invidentes a usar el transporte público. En [12] también usan RFID junto a códigos QR (*Quick Response*) para ayudar a personas invidentes, pero en este caso, para moverse por interiores debido a las limitaciones del GPS. Otro enfoque útil para personas invidentes es el uso de cámaras para reconocer objetos o texto y transmitir esa información al usuario como en [13], donde han desarrollado un sistema que utiliza reconocimiento de caracteres y conversión de texto a audio para leer textos a personas invidentes. En [14] combinan ambos enfoques desarrollando un sistema que otorga capacidad de reconocimiento visual y movimiento autónomo a personas invidentes a través de un sensor laser, un sensor con unidad de medición inercial (IMU) y una cámara.

IoT no solo es útil para personas invidentes, sino que también permite simular otros aspectos de las personas como hacer uso del olfato o el gusto para clasificar sabores. En [15] hacen uso de sensores químicos para clasificar cervezas en función del olor y en [16] hacen uso de sensores para clasificar vinos en función del sabor. El sentido del olfato y el gusto están muy relacionados ya que las personas los utilizamos conjuntamente. Por esto, en [17], han desarrollado un sistema que combina sensores que simulan ambos sentidos con el fin de mejorar el reconocimiento de sabores. Otro sistema que se puede comparar con otro sentido, el tacto, es el propuesto en [18], en el que han desarrollado un sistema que permite integrarse en superficies y medir la presión que se ejerce sobre ellas. Mediante el análisis de la presión se puede deducir la

acción que el usuario está realizando, como por ejemplo, ejercicios de Yoga.

Aunque los sistemas propuestos intentan ser análogos a los sentidos de los humanos no hacen uso de los 5 sentidos. Usando todos los sentidos y un subsistema inteligente central, un sistema podría ser capaz de interpretar los diferentes datos de una manera más próxima a las personas. Debido a esto, nosotros proponemos la creación de sistemas que simulen todos los sentidos, además de una unidad central e inteligente que las conecte. Para ello hemos comenzado el desarrollo de prototipos acerca de cada uno de los sentidos, como veremos en la siguiente sección.

Aún con el auge y las posibilidades de Internet de las Cosas, este no está muy extendido entre la población de la calle puesto que requiere ciertos conocimientos relacionados. Una posible solución sería integrar Internet de las Cosas en tareas frecuentes como pueden ser las redes sociales ya que según científicos de Ericsson [19], la analogía entre el uso de tecnologías relacionadas con Internet de las Cosas y redes sociales permiten que las personas sean capaces de familiarizarse mejor con esas tecnologías. Por esta razón, una de nuestras propuestas está relacionada con el uso de redes sociales para intercomunicar los subsistemas propuestos. Con el fin de facilitar la configuración del sistema, aplicamos técnicas de Ingeniería Dirigido por Modelos (*Model-Driven Engineering* o MDE en inglés). MDE apareció para resolver los problemas del desarrollo del software que existen desde 1960s [20]. El uso de MDE nos permite elevar el nivel de abstracción y automatizar el proceso de configuración de los sistemas gracias al uso de Lenguajes de Dominio Específico (*Domain-Specific Language* o DSL).

Durante las siguientes secciones mostraremos nuestras propuestas comparándolas con los 5 sentidos del cuerpo humano para finalmente concluir con los beneficios de nuestra propuesta y el trabajo futuro que se deberá hacer de aquí en adelante.

II. CONTRIBUCIONES

Nuestra propuesta se basa en la creación de un sistema que sea capaz de interpretar el mundo que lo rodea a modo de distintos subsistemas que representen los 5 sentidos del cuerpo humano y actuar en función de la combinación de los datos obtenidos. De esta manera se podrían entrelazar datos de diferente tipo, entre los que puede haber en algunos casos datos irrelevantes que combinándolos pueden formar un contexto donde cobren un mayor sentido. Para poder llegar a esto es necesaria la existencia de un sistema inteligente que coordine y comunique los distintos subsistemas. Nosotros proponemos la creación de varios subsistemas que puedan simular individualmente cada sentido o parte de ellos y un subsistema central que intercomunique todos los demás subsistemas permitiendo interpretar todos los subsistemas conjuntamente y por tanto tomar decisiones de manera combinada.

Los 5 sentidos del cuerpo humano son la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto. Para realizar nuestra propuesta es necesario buscar una analogía entre estos sentidos y el mundo del Internet de las Cosas.

El sentido de la vista se podría modelar a través del uso de cámaras con la capacidad de reconocer objetos, colores y/o formas o sensores de ultrasonidos que permitan reconocer formas. El sentido del oído a través de sensores relacionados con cambios sonoros como aquellos capaces de identificar las variaciones del nivel de ruido o la frecuencia del sonido. También se podrían utilizar las redes sociales como parte del sentido del oído puesto que pueden servir como sistema de escucha de lo que está sucediendo en el mundo que nos rodea. Los sensores de olores y gases permitirían modelar el sentido del olfato mientras que los sensores químicos podrían modelar el sentido del gusto. Para modelar el sentido del tacto se podría recurrir a sensores de flexibilidad o presión. Otra opción sería la de usar sensores ambientales que puedan medir la temperatura o la humedad puesto que nosotros percibimos la temperatura a través de este sentido.

Todos estos sistemas deben ser capaces de comunicarse con otros dispositivos para compartir la información detectada y computarla, ya sea a través de internet, o a través de conexiones directas a los dispositivos.

Con el fin de actuar de mediador y combinar los datos obtenidos, debería aparecer un nuevo actor que puede ser comparado con un cerebro puesto que se sitúa en el centro de todos los sentidos y debe de orquestarlos. Este sistema debería contener cierto nivel de inteligencia que le permita analizar los datos de manera autónoma y decidir las consecuencias oportunas en función de los resultados obtenidos. Para ello se podrían aplicar técnicas de Inteligencia Artificial que permitan al sistema aprender de manera autónoma. No obstante, esto debería de ir acompañado de Big Data para tratar el gran volumen de datos que pueden llegar a aparecer.

A lo largo de esta sección hablaremos de nuestras propuestas para simular los 5 sentidos y de los sistemas propuestos para procesar e intercomunicar los sentidos. Para ello se introducirán varios prototipos ya desarrollados e ideas para futuros desarrollos.

A. Sentidos

Como ya hemos mencionado, pretendemos crear una simulación de los sentidos humanos en el marco de Internet de las Cosas. A continuación, hablaremos más en detalle de la analogía de cada uno de los 5 sentidos.

1) Vista

El sentido de la vista permite a las personas reconocer formas y colores a través de imágenes procesadas por el cerebro. Nuestra propuesta se basa en algo similar, el uso de sensores para reconocer formas y/o colores que nos permitan identificar objetos que estamos buscando o que queremos evitar. Para ello se podrían usar diversos tipos de sensores como los sensores ultrasónicos que se basan en el cálculo de la distancia de un objeto al sensor en función del tiempo que tardan los ultrasonidos emitidos por el sensor en rebotar y volver al sensor. Combinando las distintas distancias se consigue obtener las diferentes formas de los objetos.

Nosotros hemos desarrollado un prototipo basado en visión por computador en vez de en el uso de sensores. Para ello usamos una cámara de vigilancia IP dotada con software que

permite enviar imágenes a un servidor cuando se detectan cambios en la grabación.

El prototipo desarrollado analiza la grabación en dos fases. En la primera realiza un análisis de todas las imágenes recibidas por la cámara en busca de personas y en la segunda fase, analiza las imágenes con resultados positivos en busca de rostros. Al completar la primera fase se envían las imágenes con los cuerpos detectados y marcados a usuarios suscritos al prototipo con el fin de notificarles la nueva presencia en la sala y al completar la segunda fase, si se encuentran rostros, se envían las imágenes a un *Bucket* de Amazon Web Services (AWS) con el fin de permitir un tratamiento futuro haciendo uso de tecnologías de Big Data. En la Fig. 1 se muestra un ejemplo del reconocimiento efectuado por el prototipo.

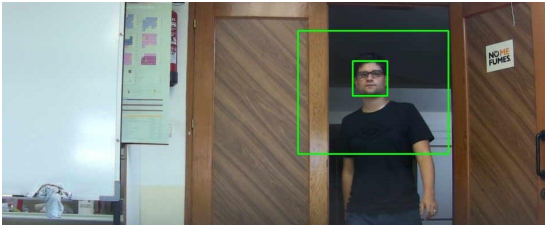


Figura 1. Reconocimiento efectuado por el prototipo de la vista.

Para la realización de este prototipo se utilizaron como tecnologías el lenguaje de programación Python 3.4 junto a la librería OpenCV 3.0.0 para visión por computador.

2) Oído

El sentido del oído nos permite identificar y reconocer sonidos de nuestro alrededor. Nuestro cerebro es capaz de asociar sonidos a otros elementos como palabras u objetos, lo que nos permite entender el lenguaje humano o reconocer que objeto está emitiendo sonidos. Nosotros proponemos el uso de sensores que puedan medir el nivel de ruido o la frecuencia sonora. Así, procesando la información obtenida de los sensores y mediante técnicas de aprendizaje proponemos realizar el reconocimiento de objetos. Además, con el fin de simular el entendimiento del lenguaje humano, proponemos la incorporación de las redes sociales. Mediante el análisis de las redes sociales se puede extraer información relevante para el sistema relacionada con el entorno que le rodea. Por ejemplo, tuits relativos a un accidente, a un evento deportivo, o cualquier tipo de suceso que tenga lugar en el entorno próximo.

Sin embargo, en el caso del oído, todavía no hemos desarrollado un prototipo funcional por lo que estas propuestas son una línea de investigación futura.

3) Olfato

Gracias al sentido del olfato podemos detectar cuando algo fuera de lo normal está sucediendo en el entorno y actuar en consecuencia. El sentido del olfato nos puede servir tanto para detectar situaciones buenas relacionadas con olores agradables como comida recién hecha, limpieza o situaciones cotidianas que son identificables por el olor, como para detectar situaciones que puede acarrear algún problema como escapes de gases, comida en mal estado o cualquier otra situación en la que mediante con el olor se pueda identificar un peligro.

Nuestra propuesta se basa en el uso de sensores para identificar situaciones parecidas a las ya mencionadas en nuestro entorno. El sentido del olfato funciona mediante quimiorreceptores por lo que para simular su comportamiento se pueden usar sensores de gases. Mediante el uso de estos sensores se podría llegar a reconocer los distintos patrones de gases que permitirían identificar diferentes olores.

Nosotros hemos desarrollado un prototipo cuya función es controlar el nivel de gases de una sala y realizar acciones en función de una serie de reglas definidas con el fin de simular el sentido del olfato en lo que se refiere a reaccionar en función de la composición química del ambiente. Para ello hemos creado una aplicación web donde los usuarios pueden definir reglas seleccionando el gas que quieren controlar, el valor y la condición de control, y la acción a realizar, como por ejemplo enviar un email. En la Fig. 2 se muestra el hardware implicado en el prototipo.

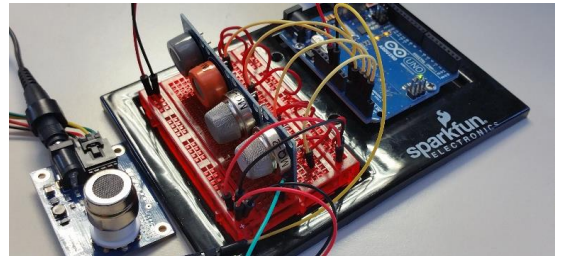


Figura 2. Hardware implicado en el prototipo del olfato.

Para la realización de este prototipo se utilizaron como tecnologías el lenguaje de programación JavaScript sobre Node.js 5.5.0. A nivel de hardware se han usado 5 sensores de gases: MG811, MQ3, MQ4, MQ7 y MQ8 capaces de medir dióxido de carbono (CO_2), alcohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H_2) respectivamente y una placa Arduino UNO.

4) Gusto

El sentido del gusto nos permite identificar sabores de alimentos o bebidas gracias a quimiorreceptores ubicados en la lengua. Mediante esta identificación podemos reconocer de que está compuesto un alimento o bebida y en algunos casos se puede saber si está en buenas condiciones o no. El gusto tiene una estrecha relación con el sentido del olfato puesto que se complementa con los olores para afinar la identificación. Nuestra propuesta referente a este sentido se basa en el uso de sensores químicos que permitan identificar la composición de distintos elementos, por ejemplo, mediante un sensor sumergido en líquidos. Para poder llegar a identificar sabores será necesario disponer de un sistema inteligente y entrenado mediante técnicas de aprendizaje e inteligencia artificial. Mediante esta propuesta, por ejemplo, se podrían identificar componentes dañinos en líquidos que deberían ser inocuos.

Sin embargo, en el caso del gusto, todavía no hemos desarrollado un prototipo funcional siendo estas propuestas líneas de investigación futuras.

5) Tacto

El tacto es uno de los sentidos más importantes del cuerpo humano. Este sentido nos permite percibir distintas características de los objetos de nuestro entorno como la forma, la suavidad, la rugosidad o cualquier otra característica física. También nos permite percibir características del medio como la temperatura, la humedad o la presión. Para ello, nuestro cuerpo cuenta con diferentes tipos de receptores nerviosos que recogen la información de nuestro entorno y la envían al cerebro para que este la interprete. Entre estos receptores se encuentran quimiorreceptores, mecanorreceptores y termorreceptores.

A modo de prototipo relacionado con el sentido del tacto, hemos desarrollado un sistema capaz de reaccionar en función de la sensación térmica. Para ello tomamos el valor de la temperatura exterior a través de sensores localizados en un Arduino UNO y haciendo uso de la plataforma de IoT Midgar, de la que hablaremos más adelante, el valor de la humedad exterior a través de servicios web de ThinkSpeak y la temperatura interior a través de un sensor de temperatura conectado a una Raspberry Pi 2. La combinación de los factores exteriores teniendo en cuenta el cuadro de la Fig. 3, nos permite obtener la sensación térmica exterior.

Temperatura (°C)	Humedad (%)																				
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	16	16	17	17	17	18	18	18	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	21	21	21
21	18	18	18	19	19	19	19	19	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	22	22	23
22	19	19	19	20	20	20	20	21	21	21	22	22	22	22	23	23	23	23	23	23	24
23	20	20	20	21	21	22	22	22	23	23	23	24	24	24	24	24	24	24	24	25	25
24	21	21	22	22	22	23	23	24	24	24	24	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26
25	22	23	23	23	24	24	24	24	24	24	25	25	26	26	26	26	27	27	27	28	28
26	24	24	24	24	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	29	29	30
27	25	25	25	26	26	26	27	27	27	27	28	28	29	29	30	30	31	31	31	31	32
28	26	26	26	27	27	27	28	28	28	28	29	29	29	30	31	32	32	33	34	34	36
29	26	26	27	27	27	28	28	29	29	29	30	31	33	33	34	35	35	37	38	40	40
30	27	27	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	39	40	41	45
31	28	28	29	29	29	29	30	31	31	31	33	34	35	36	37	39	40	41	45	45	50
32	29	29	29	30	31	31	31	33	34	35	35	37	39	40	42	44	45	51	51	55	55
33	29	30	30	31	31	33	34	34	35	36	38	39	42	43	45	49	49	53	54	55	55
34	30	30	31	31	32	34	34	35	36	37	38	41	42	44	47	48	50	52	53	55	55
35	31	32	32	32	33	35	35	37	37	40	40	44	45	47	51	52	55				
36	32	33	33	34	35	36	37	39	39	42	43	46	49	50	54	55					
37	32	33	34	35	36	38	38	41	41	44	44	46	49	51	55						
38	33	34	35	36	37	39	40	43	44	47	49	51	55								
39	34	35	36	37	38	41	41	44	46	50	50	55									
40	35	36	37	39	40	43	43	47	49	53	55										
41	35	36	38	41	44	45	49	50	55												
42	36	37	39	41	42	45	47	50	52	55											
43	37	38	40	42	44	47	49	53	55												
44	38	39	41	44	45	49	52	55													
45	38	40	42	45	47	50	54	55													
46	39	41	43	45	49	51	55														
47	40	42	44	47	51	54	55														
48	41	43	45	49	53	55															
49	42	45	47	50	54	55															
50	42	45	48	50	55																

Figura 3. Sensación térmica en función de la temperatura y la humedad¹.

Para realizar estos cálculos de una manera más humana recurrimos a la utilización de la lógica difusa puesto que nuestro cuerpo no distingue valores concretos, sino que se maneja en rangos de términos como “caliente” o “frio” cuya interpretación puede ser distinta en función de la combinación de humedad y temperatura.

Una vez obtenida la sensación térmica exterior y la temperatura interior, nuestro sistema es capaz de ajustar la temperatura de la estancia para maximizar el confort y ahorrar energía mediante el apagado del sistema de aire acondicionado o calefacción en caso de no ser necesario.

Para la realización de este prototipo se utilizaron como tecnologías el lenguaje de programación Java en su versión 8 junto a la librería jFuzzy-Logic. A nivel de hardware hemos

¹ Datos obtenidos de <http://www.tutiempo.net/meteorologia/sensacion-termica.html>

usado un sensor de temperatura analógico conectado a una Raspberry Pi 2 mediante el uso de un conversor analógico digital. También se ha usado un Arduino con un sensor de temperatura conectado a la plataforma Midgar.

B. Procesamiento y comunicaciones

En la sección anterior mencionamos los distintos sentidos y su posible analogía con el mundo de Internet de las Cosas. Sin embargo, para completar la simulación, es necesario un sistema inteligente en el centro de los sentidos, simulando el cerebro, que facilite la realización de acciones en función de los datos captados y que comunique a los sensores con ellos mismos y con el exterior con el fin de poder distribuirse en diferentes ubicaciones o de permitir a terceros agentes interactuar con el sistema. Para ello hemos desarrollado dos sistemas que permiten estas tareas. Actualmente se encuentran separados ya que tienen distintos objetivos de investigaciones. Sin embargo, al tener cierta funcionalidad similar se plantea su integración en un único sistema como trabajo futuro.

1) Midgar

Uno de los sistemas desarrollados que permiten crear aplicaciones basadas en IoT de manera que se puede usar para conectar las propuestas anteriores y realizar acciones de acuerdo a los datos obtenidos es Midgar [21]–[23].

Midgar es una plataforma de IoT que desarrollamos para realizar diversas investigaciones en el marco de Internet de las Cosas [21]. Mediante Midgar abstraemos la creación de la conexión entre los objetos y el software necesario evitando que los usuarios tengan que programar gracias al uso de lenguajes de dominio específico (DSL) gráficos. Midgar ofrece dos DSLs, uno para la creación de la interconexión entre objetos heterogéneos y ubicuos, como son los smartphones o los microcontroladores basados en Arduino, llamado *Midgar Object Interconnection Specific Language* (MOISL) [22] y otro para la creación del software para los distintos dispositivos llamado *Midgar Object Creation Specific Language* (MOCSL) [23]. De esta manera, el usuario solo necesita tener unos conocimientos mínimos de IoT y saber qué es lo que quiere que haga la aplicación generada ya que Midgar genera la aplicación final que el usuario puede usar sin la necesidad de tener conocimientos de programación y sin necesidad de saber o tener que sincronizar los diferentes objetos, pues Midgar se encarga de todo este trabajo sin necesidad de interacción por parte de los usuarios. Por tanto, el objetivo de Midgar es facilitar a usuarios no necesariamente desarrolladores la creación de diferentes componentes y la interconexión de estos en IoT.

El propósito de integrar Midgar en el conjunto del sistema propuesto es disponer de una unidad central que se encargue de procesar los datos obtenidos de los distintos sentidos y en función de eso realizar diversas acciones, es decir, pretendemos que Midgar aporte cierto nivel de autonomía al sistema y por tanto de inteligencia.

2) Bilrost

El otro sistema desarrollado que puede ser usado como eje central del sistema es Bilrost [24]. Bilrost, a diferencia de Midgar, está enfocado en investigar las posibilidades de las

redes sociales como método de interconexión entre diferentes dispositivos u objetos de IoT.

Bilrost es una plataforma para la creación de la interconexión de objetos inteligentes a través de redes sociales de humanos. El fin de usar redes sociales es aprovechar sus beneficios como la garantía de estabilidad que aportan al contar con millones de usuarios. Además, el incorporar objetos a estas redes sociales hace que se pueda establecer una comunicación entre objetos y personas.

El prototipo realizado hace uso de la red social Twitter y su funcionamiento se basa en la publicación de tuits con información de los sensores o con invocaciones a actuadores de objetos inteligentes [25]. Estos tuits los define el usuario a través de un DSL al que hemos llamado *Bilrost Specific Language* (BSL). Mediante el BSL, un usuario puede definir el contenido de los tuits indicando los hashtags necesarios para realizar el filtrado en las búsquedas de tuits, los hashtags que invocan las acciones de actuadores, los tiempos de publicación de los datos de sensores y las reglas que automatizan el proceso de publicación de datos de sensores y el invocado de acciones de actuadores. Además, los usuarios también pueden publicar tuits que accionen diferentes actuadores como si fuesen un sensor más.

Por ejemplo, en Código fuente 1 se muestra un extracto de una definición de un actuador usando el BSL textual. En este ejemplo se define una alarma con dos acciones: alertar y parar.

```
ACTUATORS
DEFINE ACTUATOR "alarm"
ACTIONS "alert", "stop"
```

Código fuente 1. Ejemplo de definición de un actuador usando BSL.

A través de Twitter sería posible invocar a esas acciones usando los hashtags apropiados. Por ejemplo, se puede invocar a la acción de alertar mediante el uso de hashtags y cadenas de texto que identifiquen al dispositivo y los necesarios para invocar la acción del actuador como se puede ver en el siguiente tuit: `#bilrost #mderg #alarm alert`.

De la misma manera se pueden definir sensores y el modo de publicación de sus valores en las redes sociales, y reglas que automaticen acciones en función de valores de sensores, tanto del mismo dispositivo como de dispositivos externos.

Por lo tanto, el propósito de Bilrost es interconectar objetos entre sí y con personas a través de redes sociales además de incorporar un nivel de inteligencia al permitir establecer reglas que controlen la publicación e invocación de acciones.

III. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

A lo largo de la sección anterior hemos presentado nuestras propuestas para un sistema inteligente capaz de interactuar con el entorno que lo rodea a través de una analogía con los sentidos humanos. Por ello, nuestra propuesta se basa en la creación de varios subsistemas que simulen los 5 sentidos y otro subsistema central que se encargue de orquestarlos, comunicarlos y tomar decisiones de acuerdo a los datos obtenidos. De esta forma, las decisiones obtenidas habrán

tenido en cuenta mucha más información que si solo se hace uso de un único y aislado sistema.

Como trabajo futuro se encuentra la creación de prototipos que abarquen todas las propuestas realizadas en secciones anteriores. Además, Bilrost y Midgar tienen cierta similitud por el hecho de que incorporan cierto nivel de inteligencia basado en el automatismo por lo que en un futuro se deberán integrar en una única plataforma convirtiéndose Bilrost en un módulo de Midgar para el uso de redes sociales a modo de canal de comunicación. Por último, el sistema central debería incorporar una inteligencia artificial capaz de aprender del entorno y tomar decisiones en función de los datos obtenidos de todos los subsistemas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado por el grupo de investigación "Ingeniería Dirigida por Modelos MDERG" de la Universidad de Oviedo bajo el contrato No. FC-15-GRUPIN14-084 del proyecto de investigación "Ingeniería Dirigida Por Modelos MDERG". Proyecto financiado por PR Proyecto Plan Regional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Telefónica, *La Sociedad de la Información en España 2014*. Grupo Planeta Spain, 2015.
- [2] G. Kortuem, F. Kawsar, D. Fitton, and V. Sundramoorthy, "Smart objects as building blocks for the Internet of things," *IEEE Internet Comput.*, vol. 14, no. 1, pp. 44–51, Jan. 2010.
- [3] K. a. Hribernik, Z. Ghrairi, C. Hans, and K.-D. Thoben, "Co-creating the Internet of Things - First experiences in the participatory design of Intelligent Products with Arduino," in *2011 17th International Conference on Concurrent Enterprising*, 2011, pp. 1–9.
- [4] H. G. H. Gu and D. W. D. Wang, "A Content-aware Fridge based on RFID in smart home for home-healthcare," in *2009 11th International Conference on Advanced Communication Technology*, 2009, vol. 02, pp. 987–990.
- [5] H. Song, "Internet of things for rural and small town america," in *6th Annual Create West Virginia Training and Education Conference*, 2013, pp. 1–6.
- [6] A. Kylili and P. A. Fokaides, "European Smart Cities: The Role of Zero Energy Buildings," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 15, pp. 86–95, Jan. 2015.
- [7] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," *IEEE Internet Things J.*, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, Feb. 2014.
- [8] R. Lea and M. Blackstock, "Smart Cities: An IoT-centric Approach," in *Proceedings of the 2014 International Workshop on Web Intelligence and Smart Sensing*, 2014, pp. 12:1–12:2.
- [9] A. J. Jara, Y. Sun, H. Song, R. Bie, D. Genouod, and Y. Bocchi, "Internet of Things for Cultural Heritage of Smart Cities and Smart Regions," in *2015 IEEE 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops*, 2015, pp. 668–675.
- [10] L. Hao, X. Lei, Z. Yan, and Y. ChunLi, "The application and

- implementation research of smart city in China,” in *2012 International Conference on System Science and Engineering (ICSSSE)*, 2012, pp. 288–292.
- [11] J. Al Kalbani, R. B. Suwailam, A. Al Yafaï, D. Al Abri, and M. Awadalla, “Bus detection system for blind people using RFID,” in *2015 IEEE 8th GCC Conference & Exhibition*, 2015, pp. 1–6.
- [12] S. Alghamdi, R. van Schyndel, and A. Alahmadi, “Indoor navigational aid using active RFID and QR-code for sighted and blind people,” in *2013 IEEE Eighth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing*, 2013, vol. 1, pp. 18–22.
- [13] R. Neto and N. Fonseca, “Camera Reading for Blind People,” *Procedia Technol.*, vol. 16, pp. 1200–1209, 2014.
- [14] M. L. Mekhalfi, F. Melgani, A. Zeggada, F. G. B. De Natale, M. A. M. Salem, and A. Khamis, “Recovering the sight to blind people in indoor environments with smart technologies,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 46, pp. 129–138, Oct. 2016.
- [15] C. Pornpanomchai and N. Suthamsmai, “Beer classification by electronic nose,” in *2008 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition*, 2008, vol. 1, pp. 333–338.
- [16] A. Riul, H. C. de Sousa, R. R. Malmegrim, D. S. dos Santos, A. C. P. L. F. Carvalho, F. J. Fonseca, O. N. Oliveira, and L. H. C. Mattoso, “Wine classification by taste sensors made from ultra-thin films and using neural networks,” *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 98, no. 1, pp. 77–82, Mar. 2004.
- [17] M. Cole, J. A. Covington, and J. W. Gardner, “Combined electronic nose and tongue for a flavour sensing system,” *Sensors Actuators B Chem.*, vol. 156, no. 2, pp. 832–839, Aug. 2011.
- [18] J. Cheng, M. Sundholm, B. Zhou, M. Hirsch, and P. Lukowicz, “Smart-surface: Large scale textile pressure sensors arrays for activity recognition,” *Pervasive Mob. Comput.*, Jan. 2016.
- [19] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “From ‘smart objects’ to ‘social objects’: The next evolutionary step of the internet of things,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 1, pp. 97–105, Jan. 2014.
- [20] E. Dijkstra, “The humble programmer,” *Commun. ACM*, vol. 15, no. October 1972, pp. 859–866, 1972.
- [21] C. González García, “MIDGAR: Plataforma para la generación dinámica de aplicaciones distribuidas basadas en la integración de redes de sensores y dispositivos electrónicos IoT,” University of Oviedo, 2013.
- [22] C. González García, B. C. Pelayo G-Bustelo, J. Pascual Espada, and G. Cueva-Fernandez, “Midgar: Generation of heterogeneous objects interconnecting applications. A Domain Specific Language proposal for Internet of Things scenarios,” *Comput. Networks*, vol. 64, pp. 143–158, 2014.
- [23] C. González García, J. Pascual Espada, E. R. Núñez-Valdez, and V. García-Díaz, “Midgar: Domain-specific language to generate smart objects for an internet of things platform,” *Proc. - 2014 8th Int. Conf. Innov. Mob. Internet Serv. Ubiquitous Comput. IMIS 2014*, pp. 352–357, 2014.
- [24] D. Meana-Llorián, C. González García, J. Pascual Espada, and V. B. Semwal, “Bilrost: Connecting the Internet of Things through human social networks with a Domain-Specific Language,” *unpublished*.
- [25] D. Meana-Llorián, C. González García, B. C. Pelayo G-Bustelo, and J. M. Cueva Lovelle, “Bilrost: Domain-Specific Language to define actions for the Internet of Things actuators, triggered by Twitter users posts,” *unpublished*.

GAIA ESCOPO

Framework para o Gerenciamento do Escopo de Projetos no Processo de Desenvolvimento de Software

GAIA Scope

Framework for the Project Scope Management in Software Development Process

Darlan Dalsasso

Departamento de Computação, Universidade Estadual de Londrina - UEL
Londrina, Brasil
darlan_dalsasso@hotmail.com

Rodolfo Miranda de Barros

Departamento de Computação, Universidade Estadual de Londrina - UEL
Londrina, Brasil
rodolfomdebarros@gmail.com

Resumo — Este artigo representa os desdobramentos iniciais de um projeto em desenvolvimento intitulado GAIA Escopo – Framework para o gerenciamento do escopo de projetos no processo de desenvolvimento de software. A ideia de desenvolver este framework se baseia no fato e na necessidade existente em gerenciar o escopo de projetos de forma mais eficaz e eficiente. O framework será baseado nos guias e padrões conhecidos como COBIT, ITIL, MPS-Br, CMMI e PMBOK. O framework será composto por serviços divididos em diferentes níveis de maturidade, o que facilita a implementação e implantação do mesmo. Gerenciar projetos não é uma atividade fácil, e juntamente a isso o gerenciamento do escopo de projetos tem um papel fundamental e determinante no sucesso do mesmo. Este framework poderá ser utilizado em conjunto com os demais frameworks desenvolvidos até o momento no laboratório GAIA da Universidade Estadual de Londrina (UEL), Brasil.

Palavras Chave - Gerenciamento; Escopo; Framework; TI.

Abstract — This article presents the initial development of an ongoing project titled GAIA Scope - Framework for management of project scope in the software development process. The idea of developing this framework is based on fact and the existing need in managing scope projects more effectively and efficiently. The framework will be based on guidelines and standards known as COBIT, ITIL, MPS-Br, CMMI and PMBOK. The framework will consist of services divided into different maturity levels, which facilitates the implementation and deployment of it. Manage projects is not an easy activity, and coupled to this the project scope management plays a crucial and decisive role in the success of it. This framework can be used in conjunction with other frameworks developed by the time the GAIA Laboratory of the State University of Londrina (UEL), Brazil.

Keywords - management; Scope; Framework; IT.

I. INTRODUÇÃO

As instituições em geral, especialmente as empresas, buscam constantemente novos meios de trabalho onde os seus recursos sejam otimizados, para que, com isso, consigam desenvolver mais de seus produtos e serviços a partir da mão de obra que possuem, e é claro, tendo um nível de qualidade aceitável.

Atualmente existe uma alta competitividade no ambiente de negócios, e com a utilização eficaz e com inovação da tecnologia da informação (TI), existe um grande potencial de melhorar e modificar os negócios [1].

Grande parte das empresas atualmente são entendidas como de pequeno e médio porte, e estas assim como as grandes organizações, precisam implementar e implantar processos e iniciativas que auxiliem o seu crescimento de forma segura e sustentável. A diferença, muitas vezes, está no fato de que elas não possuem as quantias necessárias em dinheiro para os investimentos necessários.

Para isso, precisam se utilizar muitas vezes, de ferramentas e recursos mais viáveis, que se bem utilizados, conseguem chegar aos objetivos esperados. As características comuns entre as pequenas e médias empresas e que as diferenciam das grandes corporações como o Google, são as seguintes: cultura informal; rápida comunicação; sensibilidade; flexibilidade; contam ou confiam em indivíduos; não possuem nada a esconder; amplo conhecimento; e ao mesmo tempo conhecimento limitado devido ao número de colaboradores; custos unitários elevados e complexidade de interpretação em geral em alguns momentos [14].

Pensando na ideia de que existe uma constante necessidade de implementar novos meios e processos que auxiliem as empresas e os profissionais na área de TI, o desenvolvimento do GAIA ESCOPO – Framework para o gerenciamento do escopo de projetos no processo de desenvolvimento de software, é uma iniciativa, que visa desenvolver mais uma ferramenta que auxilie empresas, gerentes de projetos e qualquer profissional que vise a necessidade de utilização, na gestão do escopo de seus projetos.

O framework objetiva ser uma ferramenta de fácil aplicação, onde as instituições não se deparem com dificuldades de entendimento e trabalho. Para que isso aconteça, o mesmo vai ser desenvolvido utilizando níveis de maturidade, facilitando a implantação e manutenção do mesmo. Outro ponto relevante é a estrutura que forma cada serviço, onde o foco é mostrar ao público alvo o objetivo, e do

que se trata cada serviço, o fluxo de trabalho, quais artefatos podem ser necessários ou gerados, que tipo de questões precisam ser respondidas, entre outras informações.

Desta forma, as instituições terão ciência do que realmente precisam atender para chegar ao objetivo proposto. O interessante aqui não é apenas demonstrar o que é preciso ter para alcançar um serviço, ou ainda, um conjunto de serviços para se chegar a um nível de maturidade, mas sim, prover informações, templates, processos que facilitem o trabalho e a institucionalização de cada serviço.

Por fim, vale lembrar que a implantação e aplicação deste framework é praticamente isenta de custos, a não ser os que as empresas que desejam utilizar o framework vislumbrem para alguma alteração que julguem necessárias em suas estruturas corporativas, visto ser uma ferramenta desenvolvida por uma instituição de ensino pública, com o objetivo de auxiliar nos processos de trabalho das empresas e instituições que se deparem com a necessidade de melhor gerenciar o escopo de seus projetos, em especial, as empresas de Tecnologia da Informação (TI).

II. GOVERNANÇA DE TI

A Governança de TI é uma atividade que representa a capacidade organizacional exercida em conjunto com as equipes que compõem o Conselho da organização, gestão de TI e diretoria executiva, com o intuito de trabalharem juntas para direcionar e controlar a formulação e implementação das estratégias de TI que serão adotadas, possibilitando assim, uma coesão entre os negócios e a área que envolve a TI da empresa [1]. Logo, a gestão da tecnologia da informação é uma atividade que necessita estar alinhada com as diferentes áreas da organização, visto que saber gerir as informações existentes pode ser determinante e definitiva para o sucesso do negócio.

A aplicação da Governança de TI permite aos projetos de TI, controle sobre o seu ciclo de vida, não ocorrendo desvios nos objetivos definidos inicialmente, na gestão de riscos sobre os recursos e na medição de valor em todos os momentos para a organização [9].

III. MODELOS E PADRÕES UTILIZADOS

Muitos são os modelos e padrões utilizados atualmente na área de TI em geral, porém para o estudo proposto, as iniciativas que servirão de base para a formulação do framework GAIA ESCOPO são principalmente a Information Technology Infrastructure Library (ITIL), Control Objectives for Information and related Technology (COBIT), o Modelo de Melhoria do Processo de Software Brasileiro (MPS-Br), o Capability Maturity Model Integration ou Modelo de Maturidade em Capacitação - Integração (CMMI) e o Guia conhecido como Project Management Body of Knowledge, ou Guia de Conhecimento para Gerenciamento de Projetos (PMBOK).

Nos últimos anos, surgiram diferentes padrões mundialmente aceitos e utilizados com as melhores práticas nas áreas de gestão de processos de TI como COBIT e ITIL, que auxiliam no gerenciamento e medições da TI no que se refere a performance dos seus processos utilizados.

Enquanto o Cobit abrange mais atividades de Governança de TI, o ITIL trata de processos chaves mais voltados aos serviços de TI [1]. O ITIL se refere ainda, a um conjunto de livros com as melhores práticas sobre o gerenciamento de serviços de TI e seus processos relacionados, o que possibilita o desenvolvimento de uma estratégia de negócios orientada a gestão de TI, e voltada para o desempenho no alcance de eficácia e eficiência nos negócios como um todo [1].

É importante evidenciar, que todos os frameworks desta área tem um objetivo comum, que se reflete em ganhar ou alcançar o máximo possível de benefícios para a área de TI [8].

No contexto de software, muito se fala em modelos de capacidade ou maturidade no processo de software, e isso representa dizer que eles se tratam das melhores práticas para avaliar ou melhorar os processos que são empregados nas organizações que desenvolvem software [4]. Baseado nisso, os modelos MPS-Br e CMMI, são iniciativas voltadas para a melhoria do processo de desenvolvimento de software.

Esses modelos são conhecidos nacionalmente e internacionalmente. De acordo com o Software Engineering Institute (SEI), o CMMI (Capability Maturity Model Integration), é um modelo de melhoria da maturidade dos processos de desenvolvimento de produtos e serviços, que sejam relacionados a software, consistindo em um conjunto de melhores práticas [2].

O MPS-Br, que trata da Melhoria do processo de Software Brasileiro, tem como maior foco as micro, pequenas e médias empresas de software. Por meio deste modelo, são aplicados os princípios da engenharia de software de forma a atender as categorias de empresas já mencionadas no mercado brasileiro de desenvolvimento de software, seguindo as principais abordagens internacionais, no que se refere à definição, avaliação e melhoria do processo de software aplicado [3]. Tanto o MPS-Br como o CMMI, são modelos de capacidade divididos em níveis de maturidade.

Referente às iniciativas de gerenciamento de projetos de uma forma geral, o Project Management Body of Knowledge (PMBOK) é um guia internacionalmente reconhecido e utilizado, desenvolvido e mantido pelo Project Management Institute (PMI), para o gerenciamento de projetos de qualquer natureza, o qual está na sua quinta edição, e compreende dez áreas de processos, que são as seguintes: Gerenciamento da Integração do Projeto, Gerenciamento do Escopo do Projeto, Gerenciamento do Tempo do Projeto, Gerenciamento dos Custos do Projeto, Gerenciamento da Qualidade do Projeto, Gerenciamento dos Recursos Humanos do Projeto, Gerenciamento das Comunicações do Projeto, Gerenciamento dos Riscos do Projeto, Gerenciamento das Aquisições do Projeto e Gerenciamento das Partes Interessadas do Projeto.

A partir destes modelos apresentados, o framework GAIA ESCOPO, vai ser desenvolvido pensando na ideia de uma ferramenta que atenda as questões atuais e necessárias do mercado, no que se refere a escopo de projetos, de uma forma mais simples e com baixos custos. As questões de governança organizacional e de TI, serão baseadas nos conceitos do COBIT. As questões de infraestrutura e serviços que o framework vai propor, serão atendidas baseando-se no ITIL. Já

as necessidades referentes ao desenvolvimento de software com qualidade e níveis de maturidade, terão como base o MPS-Br, e o CMMI, os quais também servirão como base no que se refere aos conceitos sobre gerenciamento de projetos, e escopo de projetos, onde nestes tópicos, o PMBOK também será tomado como base, por ser um modelo que atende qualquer tipo de projetos, o qual possui uma área focada exclusivamente em escopo de projetos. A utilização de todas estas referências vem a agregar na formulação do GAIA ESCOPO.

IV. NÍVEIS DE MATURIDADE

Os níveis de maturidade estabelecem patamares, ou uma série de objetivos a serem alcançados para verificar a evolução dos processos. Esta evolução se dá por estágios de melhoria e aperfeiçoamento da implementação dos processos desenvolvidos na organização [5].

Com isso, à medida que os objetivos dos estágios inferiores são atingidos, a organização consegue evoluir, buscando desenvolver e atingir os objetivos dos níveis mais altos do modelo de maturidade.

A divisão em estágios ou níveis, facilita a implementação e avaliação dos processos desenvolvidos. Adicionalmente, um nível de maturidade pode ser entendido como um degrau a ser alcançado para se detectar a evolução e a consequente melhoria nos processos organizacionais empregados, onde, para que se consiga chegar a esses níveis, é necessário realizar algumas práticas específicas e genéricas que são relacionadas a cada conjunto de áreas de processo [6].

V. PROJETO DE SOFTWARE E ESCOPO

Um projeto é um esforço realizado por um tempo determinado ou também, temporário, com o objetivo de criar algo com características únicas, podendo ser um serviço, produto ou resultado específico. Os projetos são temporários, pois possuem um início e um final estabelecido [10]. Gerenciar projeto é uma atividade crítica e delicada. Um dos problemas iniciais identificados é saber escolher qual é a metodologia mais adequada a ser utilizada, e muitas vezes, tanto gerentes de projetos quanto as empresas, desconhecem os padrões e metodologias existentes, considerando apenas algumas opções que são de seu conhecimento [15].

Logo, um projeto de software considera as características apresentadas acima, se tratando então, de um esforço temporário onde são desenvolvidas diferentes atividades por meio da utilização de processos, ferramentas e recursos, sendo que ao final o objetivo é apresentar um produto ou serviço de software concluído.

O gerenciamento do escopo de projetos refere-se à um conjunto de processos que são executados para garantir que o projeto inclua apenas o trabalho necessário, para que seja desenvolvido com sucesso [11].

A área de gerenciamento de escopo de projetos trabalha com foco principal sobre a definição e controle do que faz parte e do que não faz parte do projeto [13].

O escopo mencionado contempla tanto o escopo do produto como também o escopo das necessidades do projeto como um todo. No caso do framework GAIA ESCOPO, esses processos serão tratados no formato de serviços.

VI. GAIA ESCOPO – FRAMEWORK PARA O GERENCIAMENTO DO ESCOPO DE PROJETOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

Abordando a ideia de desenvolver uma ferramenta que auxilie e melhore a forma de gerenciar o escopo de projetos de software, o framework GAIA ESCOPO, será composto por um conjunto de diferentes serviços que são relacionados a diferentes níveis de maturidade. Esses serviços serão compostos por um conjunto de objetivos e necessidades relacionadas, e que juntos auxiliarão os gerentes e as equipes do projeto no desenvolvimento de suas atividades.

Um serviço tem como foco principal entregar valor aos clientes, possibilitando que eles consigam atingir os seus resultados, de maneira mensurável, ou seja, que se possa medir a eficiência e eficácia. Neste contexto, os clientes não podem pagar pelos custos e riscos envolvidos [12].

Um serviço também pode ser entendido como um meio de fornecer algo para um cliente, e que este por sua vez perceba o valor e a importância do mesmo [16].

A composição dos serviços se dará a partir dos seguintes elementos: Descrição do serviço, Questões relacionadas ao questionário diagnóstico, templates de documentos, ferramentas e técnicas, vocabulário, indicadores de desempenho e workflow. Esse conjunto de informações contextualiza e apresenta as características de cada serviço identificado.

Para a implantação gradativa dos serviços estará disponível um processo de implantação. Um processo é um conjunto de atividades elaboradas e realizadas para se chegar a determinados objetivos [17].

O questionário diagnóstico será formado por um conjunto de questões que serão relacionadas aos serviços. Uma questão poderá ser utilizada para mais de um serviço. Isso se deve ao fato de que uma mesma questão poderá trazer informações relevantes para mais de um serviço do framework. Logo será feito um mapeamento sobre quais questões do questionário terão relação com quais serviços.

Por meio deste framework, nós permitiremos que as empresas de desenvolvimento de software possam realizar avaliações do grau de maturidade em que ela se encontra, no que se refere ao atendimento das atividades de gerenciamento de escopo de projetos, podendo assim, trabalhar para manter o que já está sendo realizado, como também melhorar nos pontos falhos para atingir níveis de maturidade cada vez maiores.

Buscamos ainda, fazer com que este framework sirva como uma metodologia possível de ser seguida, onde as empresas poderão melhorar suas atividades de maneira gradativa e incremental, à medida que forem contemplando os serviços de cada nível de maturidade existente no framework, melhorando assim a qualidade do trabalho e do projeto realizado.

Os objetivos específicos deste estudo se apresentam da seguinte forma:

1) Realizar uma revisão bibliográfica referente aos temas que contextualizam este estudo; Será feito um estudo pela bibliografia disponível para montar uma fundamentação teórica objetiva e clara.

2) Definir os níveis de maturidade; Baseado nos modelos existentes e nos frameworks já existentes no laboratório GAIA/UDEL, será definido um número ideal de níveis de maturidade.

3) Criar os serviços; baseados nas melhores práticas existentes referentes aos modelos e padrões utilizados.

4) Elaborar um questionário de avaliação diagnóstico e os indicadores de desempenho; será identificado quais as questões necessárias para compor o questionário e quais questões se relacionam com quais serviços.

5) Definir um processo de implantação para o framework; Será desenvolvido um processo padrão para que os interessados possam implantar o framework em suas empresas e projetos.

VII. RESULTADOS PRELIMINARES

Os resultados preliminares obtidos até o momento são os seguintes:

1) Definição de quantos níveis de maturidade serão utilizados para formar o framework, e as suas descrições.

2) Definição dos serviços.

3) Relacionamento dos serviços com os seus respectivos níveis de maturidade.

4) Definição do processo de implantação do GAIA ESCOPO.

Foram definidos cinco níveis de maturidade para o framework, que são: Indefinido, Conhecido, Gerenciado, Gerenciado Quantitativamente e Otimizado. Este número foi verificado como ideal, pois possibilita uma implementação e implantação gradativa do framework, facilitando a adaptação principalmente por parte das empresas que venham a se utilizar do modelo.

O número de níveis foi definido para se ter uma maior aderência juntamente aos outros frameworks desenvolvidos pelo laboratório GAIA/UDEL, visto que a intenção é que o GAIA ESCOPO seja mais uma solução que venha a agregar valor ao conjunto das demais soluções já desenvolvidas no laboratório.

Foram definidos 8 serviços relacionados a gestão de escopo de projetos, e são eles: Estabelecer a estratégia, Planejar o gerenciamento do escopo, Coletar os requisitos, Definir o escopo, Criar a EAP, Validar o escopo, Controlar o escopo (integração, riscos, custos, tempo, stakeholders) e Melhoria contínua.

O relacionamento dos níveis de maturidade e seus serviços ficou definido da seguinte forma:



Fig. 1- Níveis de Maturidade e seus respectivos serviços

Ou ainda, é possível representar os níveis de maturidade e seus respectivos serviços da seguinte forma:

1. Indefinido
 - a. Não existe nada definido sobre o projeto
2. Conhecido
 - a. Estabelecer a estratégia
 - b. Planejar o Gerenciamento do escopo
 - c. Coletar os requisitos
3. Gerenciado
 - a. Definir o escopo
 - b. Criar a EAP
 - c. Validar o escopo
4. Gerenciado Quantitativamente
 - a. Controlar o escopo (integração, riscos, custos, tempo, stakeholders)
5. Otimizado
 - a. Melhoria Contínua

Com os resultados preliminares obtidos até o momento, já existe uma base para o prosseguimento do estudo passando para as próximas fases do trabalho.

VIII. DESENVOLVIMENTO DE ESTUDO DE CASO NA FÁBRICA DE SOFTWARE DO GAIA/UDEL

Como forma de verificar a eficácia e aderência do framework GAIA ESCOPO proposto, o mesmo será utilizado em pelo menos dois projetos na fábrica de software GAIA, onde estaremos observando e verificando se o framework está gerando resultados consistentes e valor para aos projetos desenvolvidos, e para a fábrica de software que o está utilizando. A ideia é que no decorrer desses dois projetos, sejam identificadas as inconsistências e apresentadas as soluções para que, por fim, ao final deste estudo, seja apresentado um framework que atenda as necessidades dos

projetos no que envolve a definição, execução, monitoramento e controle do escopo de projetos.

O framework GAIA ESCOPO, vai buscar atender e utilizar como base as necessidades do processo de desenvolvimento de software GAIA, que é apresentado na Figura 2, o qual é aderente a outros modelos de processo de desenvolvimento. Porém vale ressaltar que o framework poderá ser utilizado em qualquer processo de desenvolvimento de software, visto que o foco é formular uma solução que atenda a gestão de escopo de projetos.

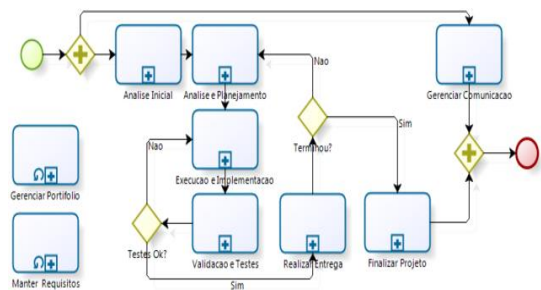


Fig. 2 - Processo de desenvolvimento de software utilizado pela Fábrica de Software GAIA/UDEL

IX. PROCESSO DE IMPLANTAÇÃO DO FRAMEWORK GAIA ESCOPO

O processo de implantação se faz necessário tanto para a verificação e identificação sobre em qual nível de maturidade relacionado à gestão de escopo a empresa que deseja implantar o framework se encontra. Da mesma forma, caso a empresa consiga atingir, por exemplo o nível 3 de maturidade do framework, futuramente será necessário realizar uma reavaliação para verificar se a mesma continua no mesmo patamar quando da implantação, ou se vai ter condições de avançar para o próximo nível de maturidade ou a necessidade de voltar ao nível anterior ao qual ela se encontra.

O processo de implantação proposto e utilizado será praticamente o mesmo utilizado por alguns dos demais frameworks já implementados pelo GAIA/UDEL, visto que existe uma forte relação destes frameworks com o framework GAIA ESCOPO.

O processo de implantação que será utilizado pelo GAIA ESCOPO é apresentado na Figura 3, a seguir.

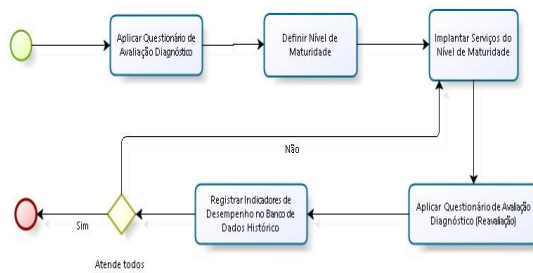


Fig. 3- Processo de Implantação GAIA ESCOPO

Este processo de implantação é composto pelas seguintes atividades, (1) Aplicar Questionário de Avaliação Diagnóstica, (2) Decidir Nível de Maturidade, (3) Implantar Serviços do Nível de Maturidade, (4) Aplicar Questionário de Avaliação Diagnóstica (Reavaliação), (5) Registrar Indicadores de Desempenho no Banco de Dados Históricos. Esse processo será utilizado tanto para implantação como para a reavaliação da empresa para verificar se a mesma teve uma evolução, retração ou permaneceu no mesmo nível sobre as suas atividades de gestão de escopo de projetos.

X. CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste estudo, o objetivo principal é que se desenvolva uma ferramenta que realmente auxilie no gerenciamento de escopo de projetos de software, e que o mesmo seja de fácil aplicação e praticamente sem custos de implantação, a não ser os verificados pela empresa no que se refere a possíveis mudanças necessárias, possibilitando tanto pequenas, como médias e grandes empresas a utilizarem o framework.

Da mesma forma observa-se que se as equipes tomarem maior atenção com a definição e gestão do escopo de seus projetos a possibilidade de sucesso é elevada.

A partir do momento que as empresas passarem a ter a visão da necessidade de uma maior gestão do escopo de seus projetos, podendo aplicar o framework proposto neste estudo, acredita-se que poderá acontecer uma melhoria significativa no que se refere a uma melhor definição e gestão do escopo de projetos com maior qualidade e assertividade no produto final que é desenvolvido e entregue, gerando assim menos custos para as organizações e uma maior credibilidade.

Por meio dos resultados obtidos até o presente momento, já existe a possibilidade de avançar para as próximas etapas do projeto para enfim, finalizar o framework GAIA ESCOPO como um todo, e deixá-lo a disposição de interessados para a aplicação do mesmo em seus futuros projetos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao professor Dr. Rodolfo pela disponibilidade em me orientar, e consequentemente, desenvolvermos este projeto de pesquisa, que visa melhorar a forma como as equipes e empresas gerenciam o escopo de seus projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Spremic, M., Zmirak, Z., & Kraljevic, K. (2008). IT and business process performance management: Case study of ITIL implementation in finance service industry. ITI 2008 - 30th International Conference on Information Technology Interfaces, 243–250. <http://doi.org/10.1109/ITI.2008.4588415>, in press.
- [2] Marçal, A. S. C., Freitas, B. C. C. De, Soares, F. S. F., & Belchior, A. D. (2007). Mapping CMMI Project Management Process Areas to SCRUM Practices. IEEE Transactions on Software Engineering, 13–22. <http://doi.org/10.1109/SEW.2007.102>, in press.
- [3] Koscianski, André. Soares, Michel dos Santos. Qualidade de Software: aprenda as metodologias e técnicas mais modernas para o desenvolvimento de software, 2. Ed, São Paulo, Novatec Editora, 2007.
- [4] Hauck, J. C. R., & Wangenheim, C. G. Von. (2011). A Method for Software Process Capability / Maturity Models Customization to Specific Domains. 2011 25th Brazilian Symposium on Software Engineering, 293–302. <http://doi.org/10.1109/SBES.2011.23>, in press.
- [5] SOFTEX. (2012). Guia Geral MPS de Software. Retrieved from http://www.softex.br/wpcontent/uploads/2013/07/MPS.BR_Guia_Geral_Software_2012-c-ISBN-1.pdf, unpublished.
- [6] Taconi, L. H. (2014). GAIA CATÁLOGO DE SERVIÇOS DE TI: UM FRAMEWORK PARA CONSTRUÇÃO DE CATÁLOGOS DE SERVIÇOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO., unpublished.
- [7] Rivas, L., Perez, M., Mendoza, L. E., & Grimán, A. (2010). Selection model for Software Project Management tools in SMEs. In 2010 2nd International Conference on Software Technology and Engineering, ICSTE 2010 (Vol. 1, pp. V192–V196). <http://doi.org/10.1109/ICSTE.2010.5608904>, in press.
- [8] Liu, X., Wu, L., Yu, J., & Lei, X. (2010). A holistic governance framework for E-business success. Proceedings - 2010 International Conference on Management of E-Commerce and E-Government, ICMecG 2010, 142–146. <http://doi.org/10.1109/ICMeCG.2010.36>, in press.
- [9] De la Camara Delgado, M., Marcilla, F. J. S., Calvo-Manzano, J. a, & Vicente, E. F. (2012). Project management and IT governance. Integrating PRINCE2 and ISO 38500. In 7th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2012) (pp. 1–6). Retrieved from <http://carletonu.summon.serialssolutions.com/2.0.0/link/0/eLvHCXMwXZ3NCglxDJSLZ70lhaVbpr05yiri0BFc9Jf4578v2xXQTBI5gvA5MZpSycjP7TBG6cxV73Iw0ZNRNCc3SmQA7RCa8jJq8R7k94nO1l-9O3aa82ZTmoabrO4019wF0IURd262bPLrKmGKvrTMVqAEQ6EcgVcmz1gzylsNDiSyBKBjStYfLlDUe24x>, in press.
- [10] IEEE standard 1490–2011. (2011). Standard A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) — Fourth Edition IEEE Computer Society., in press.
- [11] PMI – Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos (guia PMBOK) / (texto e tradução) Project Management Institute – 5. Ed. – São Paulo: Saraiva, 2014.
- [12] GAFFO, FERNANDO HENRIQUE. GAIA RISCOS: FRAMEWORK PARA O GERENCIAMENTO DE RISCOS NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE. (2013), unpublished.
- [13] Sotille, Mauro Afonso. Menezes, Luis César de Moura. Xavier, Luiz Fernando da Silva. Pereira, Mário Luis Sampaio. Gerenciamento do escopo em projetos, 2. Ed – Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.
- [14] Ayat, M., Masrom, M., Sahibuddin, S., & Sharifi, M. (2011). Issues in Implementing IT Governance in Small and Medium Enterprises. 2011 Second International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation, 197–201. <http://doi.org/10.1109/ISMS.2011.40>, in press.
- [15] Kononenko, I., Kharazii, A., & Iranik, N. (2013). Selection method of the project management methodology and its application. Intelligent Data Acquisition ..., (September), 578–582. Retrieved from http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6662990, in press.
- [16] Freitas, Marcos André dos Santos. Fundamentos do gerenciamento de serviços de TI, 2. ed, Rio de Janeiro, Brasport, 2013.
- [17] Bon, Jan Van. ITIL [recurso eletrônico]: guia de referência, edição 2011 / [Jan Van Bon; tradução de Edson Furmankiewicz]. Rio de Janeiro, Elsevier, 2012. recurso digital.

Calidad de las Web de los Hospitales Privados

Web quality of private hospitals

Judit Creixans Tenas, Núria Arimany Serrat

Departamento de Economía y Empresa

Universidad de Vic

Vic, España

judit.creixans@uvic.cat, nuria.arimany@uvic.cat

Resumen — El objetivo del estudio es desarrollar un análisis descriptivo que evalúe la calidad y las características de las web de los hospitales privados no benéficos catalanes. Se cuestiona si la accesibilidad, la usabilidad, la interactividad, la actualización de los contenidos, los referentes de calidad, la política de privacidad, la web 2.0. y la información presentada de estos centros hospitalarios privados en sus páginas web son aceptables o, por el contrario, no.

Palabras Clave – *calidad; características; sitios web; hospitales privados; tecnologías de la información; Internet.*

Abstract — The objective of the study is to develop a descriptive analysis to assess the quality and characteristics of the websites of private hospitals with non-charitable character in Catalonia. It questions whether the accessibility, usability, interactivity, updating content, levels of quality, privacy, web 2.0. and the information submitted in these private hospitals on their websites are acceptable or, on the contrary, no.

Keywords – *quality; characteristics; websites; private hospitals; information technology; Internet.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, Internet se puede considerar un elemento clave en el desarrollo de cualquier negocio. De hecho, la evolución que ha experimentado en los últimos años, ha superado cualquier previsión.

De este modo, el uso de las web se ha vuelto un método común de comunicación entre los millones de usuarios que existen en el mundo.

No obstante, mucha de la información que aparece en las redes se debería validar y verificar para distinguir los recursos de calidad.

Cada vez más, el sector sanitario se ha hecho un hueco en el mundo de las tecnologías de la información para desarrollar un papel fundamental en la educación, la prevención y la promoción de la salud.

El gasto sanitario de España representa aproximadamente un 9% del PIB y, concretamente, el sector sanitario privado supone cerca del 30% en valor económico de toda la sanidad española. No debemos olvidar que los centros sanitarios

privados, tales como hospitales, centros geriátricos o centros sociosanitarios, con ánimo de lucro no dejan de ser empresas que obtienen beneficios con su actividad, aunque la actividad esté relacionada con la sanidad.

Por ello las páginas web de estos centros hospitalarios, en el panorama actual en el que nos encontramos, son clave para establecer una buena comunicación con los usuarios, captar su atención y conseguir aumentar la cuota de mercado.

Cataluña es la comunidad autónoma con más hospitales privados no benéficos. Si comparamos los datos que aparecen en el Catálogo Nacional de Hospitales 2015, se observa que los hospitales privados lucrativos catalanes suponen un 45% de todos los hospitales de esta comunidad autónoma.

En consecuencia, el objetivo de este estudio es analizar desde un punto de vista descriptivo la calidad de las web de estos hospitales privados no benéficos catalanes ya que muchos pacientes acceden a sus webs para informarse sobre los servicios sanitarios que prestan, antes de contratar el servicio correspondiente.

La estructura formal desarrollada engloba: la revisión de la literatura académica, el diseño y objetivos del estudio, el análisis empírico avalado por la documentación recogida, el análisis e interpretación de resultados y las conclusiones del estudio.

II. MARCO TEÓRICO

La revisión de la literatura académica en referencia a la evaluación de los centros hospitalarios es muy extensa. De hecho, ya en los años setenta se empezó a introducir la evaluación económica en el ámbito sanitario debido al aumento del gasto sanitario que produjo la preocupación de los gobiernos (Ortún-Rubio V.; Pinto Prades JL.; Puig-Junoy J.; 2001).

Actualmente es necesario evaluar los contenidos y la estructura de las web puesto que es muy importante introducir información de calidad y actualizada en el ámbito sanitario para una correcta comunicación con los usuarios (Domínguez-Castro A.; Iñesta-García A.; 2004).

Las primeras iniciativas que incentivaban el control de calidad de la información sanitaria contenida en Internet aparecieron en el 1996 (iniciativas orientadas hacia aspectos más éticos). En 1997, Silberg et al. destacaban la importancia del control de calidad en los diferentes sitios web y el cumplimiento de determinadas reglas para realizar el suministro de información sanitaria a través de Internet. Concretamente, se introducían las primeras consideraciones acerca de la autoría de las páginas web, la referencia de las fuentes de información y la actualización de los contenidos.

Hay distintas organizaciones e instituciones que han desarrollado criterios para guiar y evaluar las páginas web sanitarias como HON (Health on the Net Foundation), FDA (Food and Drug Administration) o AMA (American Medical Association). Incluso hay distintos estudios que han clasificado las distintas webs sanitarias en función de la calidad que presentan sus sitios web (Utrilla Ramírez AM. et al; 2009).

Las investigaciones más recientes, relativas a la evaluación de la calidad web de los centros hospitalarios, realizadas en este ámbito se han desarrollado mediante distintos cuestionarios. Son muchos los autores que han creado y definido sus propios cuestionarios; no obstante, los que han tenido una aceptación más relevante han sido los creados por Bermúdez-Tamayo C. et al. (2006) y Arencibia-Jiménez M. et al. (2007).

El cuestionario Bermúdez-Tamayo et al. (2006) pretende evaluar la fiabilidad y calidad de las webs sanitarias en el ámbito iberoamericano cumpliendo las recomendaciones de los principales códigos éticos y de normativa vigente para España y Europa.

A partir de este cuestionario de evaluación, Arencibia-Jiménez M. et al. (2007) desarrollaron, siguiendo la misma línea, otro cuestionario para analizar: la accesibilidad, la usabilidad, la interactividad, la información presentada, la actualización de contenidos, la calidad y la información para el profesional de distintos centros hospitalarios. En este estudio se concluyó que los resultados fueron, en general, negativos ya que muchos de los hospitales no tenían sitio web en Internet y la información presentada era escasa, mal actualizada, poco útil y baja de calidad.

Díaz Cuenca A. y Chain Navarro Celia (2008) crearon un cuestionario propio con variables dicotómicas en donde se analizaban las webs de los hospitales de referencia, tanto públicos como privados, de cada provincia, presentando unos resultados similares a los de Arencibia-Jiménez ya que se demostró que la calidad de las páginas webs es mejorable y que el criterio sobre información general se cumple en muy pocos diseños de las páginas. Además se afirma que muchos de los hospitales no disponen de web y si la tienen no reúnen los criterios mínimos de calidad. Un hecho a destacar de este estudio que nos ayudó a escoger la muestra de la investigación fue que Cataluña era una de las comunidades autónomas con

sitios web hospitalarios mejor valorados junto a Madrid y Andalucía, cabe añadir que los centros mejor puntuados eran públicos.

A partir de aquí, en los últimos años se han ido publicando distintos estudios siguiendo estas mismas líneas de investigación y utilizando los cuestionarios antes mencionados.

La revisión de la literatura que hace referencia a la evaluación de la calidad de los sitios web catalanes es escasa, puesto que hay estudios que tratan este tema en otras zonas de España y más en el ámbito público.

Así, Ruiz-Granja MJ. en 2015, realizó un estudio de los hospitales sevillanos mediante la utilización de un cuestionario propio escogiendo los métodos de evaluación definidos tanto por Bermúdez-Tamayo como por Arencibia-Jiménez. La autora pone de manifiesto que la calidad comunicacional de las páginas web de los hospitales sevillanos no depende del tipo de gestión (entidad pública, privada o concierto) si no de la existencia, entre sus órganos de gestión, de personal profesional experto en comunicación.

Por su parte, existe otra investigación destacable (De la Torre Barbero MJ et al. 2013) dónde se analizan las webs de los hospitales del Sistema Sanitario Público de Andalucía mediante la evaluación de la calidad utilizando el cuestionario Bermúdez-Tamayo, de la accesibilidad (herramienta TAW) y de la presencia de herramientas 2.0 (tales como blogs, foros, comunidades, RSS, multimedia, comentarios de opinión, wiki y marcadores sociales). En este estudio, los autores concluyen que aún existen hospitales sin páginas web, que hay una alta variabilidad de la calidad de las mismas aunque cada vez hay más transparencia y responsabilidad en los contenidos de las mismas. No obstante, presentan poca credibilidad y uso de los contenidos, con una mala actualización de la información y un bajo nivel de accesibilidad.

Otros autores que utilizaron el cuestionario Bermúdez-Tamayo para su investigación obtuvieron los mismos resultados que las dos anteriores investigaciones, aunque el estudio de Conesa Fustes MC et al. (2011) que manifestaron presenta cómo inconveniente del cuestionario no analizar aspectos éticos y técnicos para evaluar la calidad.

Por ello, se ha considerado conveniente no utilizar este cuestionario y, de la misma manera que Calvo-Calvo MA. (2014), realizar un análisis de la calidad y de las características web de los hospitales utilizando el cuestionario desarrollado por Arencibia-Jiménez. En su estudio, Calvo-Calvo MA. (2014) evaluó las variables, propuestas por el cuestionario anteriormente mencionado, en los hospitales españoles con 500 camas o más. Se llegó a la conclusión de que muchos hospitales no disponen de página web, que la calidad de los sitios web es escasa y que hay recursos mal aprovechados, como la utilización de herramientas 2.0. que en el futuro deberían ser una oportunidad para explotar más los sitios web.

No obstante, pone de manifiesto una tendencia a la mejora de la accesibilidad en las páginas web.

III. METODOLOGÍA

Se ha realizado un estudio descriptivo de corte transversal y exploratorio de las páginas web de los hospitales privados no benéficos catalanes para evaluar la calidad y características de las mismas.

Para determinar la muestra del estudio se recurrió al Catálogo Nacional de Hospitales 2014 de España para identificar a los hospitales catalanes. De los 787 hospitales que aparecen en el catálogo, 212 hospitales son catalanes determinando éstos la población inicial de estudio.

A continuación, de estos hospitales catalanes se seleccionaron los que son privados no benéficos atendiendo tanto a su dependencia patrimonial como su dependencia funcional, que resultaron ser 80.

Por último, puesto que dentro de estos 80 hospitales se encuentran tanto los centros hospitalarios como los centros sociosanitarios y residencias geriátricas, se excluyeron estos últimos debido a que el cuestionario utilizado no se adecuaba a la información proporcionada por los centros sociosanitarios. Así la muestra quedó compuesta por 39 hospitales (anexo 1), que todos ellos disponían de página web en enero de 2016. Para determinar la disponibilidad o no del sitio web de cada hospital, se introdujo el nombre completo del mismo utilizando el navegador y realizando una búsqueda mediante Google.

Atendiendo a su finalidad asistencial, de estos 39 hospitales que componen la muestra, cinco son psiquiátricos, uno oftalmológico, dos quirúrgicos y el resto generales.

Para evaluar la calidad y las características de las páginas web de estos hospitales privados no benéficos catalanes, se estudiaron 10 variables mediante un cuestionario de evaluación en el que se establecieron unos criterios y se definieron unas puntuaciones máximas. Se utilizaron estas variables y no otras, por ser las más significativas en el estudio de la visibilidad web y la transparencia de dichos hospitales y, además, tal y como se comenta en los párrafos siguientes, la mayoría de estudios de la calidad web en centros hospitalarios se centran en escoger estos parámetros. A continuación se definen las 10 variables analizadas:

- Accesibilidad (20 puntos): hace referencia al diseño de la página web que permite que todas las personas puedan navegar, entender, aportar contenidos e interactuar con la web.
- Usabilidad (20 puntos): consiste en la facilidad del manejo y de la navegación por la página web.
- Interactividad y relación con los usuarios (50 puntos): existencia o no de relación virtual e interacción entre el hospital y los usuarios a través del sitio web.
- Información presentada (120 puntos): análisis de la aparición de información relevante y de interés para el usuario, sobre el sitio web y del hospital.

- Actualización de los contenidos (10 puntos): existencia en el sitio web de la fecha de edición y de actualización de los contenidos.

- Referentes de calidad (10 puntos): existencia de sello de calidad reconocido.

- Información para el profesional (20 puntos): describe la existencia de un apartado específico para el profesional del hospital.

- Información para proveedores (10 puntos): describe la existencia de un apartado específico para los proveedores del hospital.

- Privacidad (20 puntos): existencia de política de protección de los datos personales del usuario del sitio web.

- Web 2.0. (10 puntos): determina la presencia de herramientas 2.0. en el sitio web como foros, blogs, presentaciones, videos, RSS, entre otros.

Para el estudio de la accesibilidad, del mismo modo que otros estudios realizados como es el caso de Jiménez et al. (2009b), Ramos y Clabo (2008) y Calvo-Calvo (2014), se utilizó la herramienta automática online Test de Accesibilidad Web (TAW). Utilizando esta herramienta se estimaron por cada sitio web el número de problemas de accesibilidad encontrados en los tres niveles de prioridad WAI-A, WAI-AA y WAI-AAA.

Esta variable se cuantificó del mismo modo que Calvo-Calvo (2014) ha realizado en su estudio. Concretamente, si después de realizar el Test de Accesibilidad el nivel A presentaba un determinado número de problemas de acceso, se multiplicaba dicho número de problemas por 0,4 y el resultado se le restaba 12 puntos. Si el nivel A no presentaba ningún problema, se evaluaba el nivel AA, multiplicando los problemas de acceso de este nivel por 0,2 y restando su resultado a 16 puntos. Del mismo modo, si el nivel AA presentaba cero problemas, se evaluaba el nivel AAA, multiplicando el número de errores por 0,1 y restando el resultado a 20 puntos.

Las demás variables se han analizado teniendo en cuenta los criterios establecidos en el cuestionario de Calvo-Calvo (2014) que en su investigación modificó y actualizó el cuestionario de Arencibia-Jiménez y Aibar-Ramón (2007), dado que se ha corroborado en ambos estudios que dicho cuestionario presenta consistencia entre observadores y validez del contenido.

Se ha considerado pertinente añadir al estudio dos nuevas variables que no se contemplaban en el estudio de Calvo-Calvo (2014). En primer lugar una variable que hace referencia a la presencia o no de política de privacidad, ya que se considera importante que el usuario al ceder sus datos para, por ejemplo, establecer contacto virtual con el hospital, se encuentren sus datos personales protegidos. La otra variable considerada ha sido el análisis de la presencia de herramientas 2.0. en los sitios web de los hospitales.

Una vez determinadas todas las variables y todos los criterios se evaluaron las 39 páginas web de los hospitales privados no benéficos catalanes para determinar la puntuación

de cada uno de ellos, siendo la puntuación máxima a la que podían optar de 290 puntos.

De este modo, y de acuerdo con Conesa et al. (2011) un sitio web es de calidad si su puntuación global supera la mitad de la puntuación total posible.

IV. RESULTADOS

En términos generales, una vez evaluadas las páginas web de los 39 hospitales privados no benéficos catalanes se obtiene que la puntuación media obtenida es de 160,35 puntos sobre los 290 puntos máximos posibles; esto significa que, en general, las páginas web superan la mitad de los puntos posibles (145 puntos) y más de la mitad de los hospitales llegan a alcanzar esta suma de puntos, concretamente 25 hospitales (64%). Además, el valor mínimo obtenido es de 74,60 puntos y el valor máximo de 235,90 puntos.

Analizando de modo general el resto de variables, tal y como se observa en la tabla 1, todas las variables analizadas superan a la mitad de los puntos posibles exceptuando la actualización de los contenidos, los referentes de calidad, la información para el profesional y la información para los proveedores.

Variable	Puntuación posible	Puntuación media	Puntuación mínima obtenida	Puntuación máxima obtenida
Accesibilidad	20	11,73	0	20
Usabilidad	20	12,00	7	18
Interactividad	50	28,46	5	50
Información presentada	120	67,62	26	107
Actualización de contenidos	10	4,64	0	10
Referentes de calidad	10	3,08	0	10
Información para el profesional	20	7,18	0	20
Información para proveedores	10	0,77	0	10
Protección de datos personales	20	18,46	0	20
Web 2.0.	10	6,41	0	10
Puntuación total	290	160,35	74,60	235,90

Tabla 1.- Puntuaciones generales obtenidas en los cuestionarios realizados

A continuación se analizarán con detenimiento cada una de las variables analizadas.

En primer lugar, por lo que respecta a la accesibilidad, las páginas web de los hospitales privados no benéficos catalanes han obtenido una media de 11,73 puntos y con valores mínimos y máximos de 0 y 20 respectivamente y, por tanto, parece inducir a pensar que en general son accesibles puesto que superan la mitad de los puntos máximos (10 puntos). No obstante, se debe tener en cuenta que de las 39 webs analizadas dos no cumplían ninguno de los criterios de nivel de accesibilidad, 25 cumplieron sólo el nivel WAI-A, 4 cumplieron simultáneamente los niveles WAI-A y WAI-AA y,

por último, 8 cumplieron los tres niveles: WAI-A, WAI-AA y WAI-AAA. Es decir solo un 31% tienen un nivel de accesibilidad igual o superior al que marca la normativa vigente.

Por otra parte, haciendo referencia a la usabilidad, teniendo en cuenta que el valor máximo que se podía obtener era de 20 puntos, se ha obtenido una media de 12 puntos con valores comprendidos entre 7 y 18 puntos. Gran parte de los hospitales privados no benéficos catalanes cumplen con los criterios evaluados en esta variable destacando que todas las páginas web tienen un tiempo de descarga menor a 5 segundos con ADSL, mantienen el menú de navegación principal abierto en todas las páginas y están optimizadas para navegar con Internet Explorer 8.0. y similares. También es importante señalar que más de la mitad de los centros hospitalarios disponen de herramienta de búsqueda de contenidos (69%) y disponen de mapa del sitio web (56%) No obstante, sólo 8 webs (21%) indican el tamaño, formato y tiempo de descarga de los archivos adjuntos y 9 webs (23%) disponen de los enlaces externos a otras webs correctamente identificados.

El apartado de interactividad y relación con los usuarios podía obtener una puntuación máxima de 50 puntos. El valor medio de puntos obtenidos se ha situado en 28 puntos. De las 39 empresas, 22 (56%) han obtenido más de 30 puntos en este apartado. Los criterios que se han analizado han sido la existencia de email, teléfonos o dirección postal para realizar consultas y solicitar información general así como el contacto con los distintos servicios del hospital. Se debe destacar que la mayoría de los hospitales disponen de un email para consultar o solicitar información (89%) y todos los centros hospitalarios facilitan en su página web la dirección postal y teléfono de información general.

No obstante, sólo un 31% de los hospitales facilitan correos electrónicos para contactar con otros servicios del hospital. Conviene también señalar que 19 centros (49%) disponen de buzón de sugerencias en su página web y 20 centros (51%) permiten la posibilidad de pedir cita médica a través de su sitio web. El último criterio que se establecía para determinar la interactividad con los usuarios era la presencia del hospital en alguna red social y la presencia de enlaces de ellas a través de su web, concluyendo que un 64% de los hospitales (25 centros) disponen de este recurso.

De acuerdo con la puntuación establecida en la metodología, el apartado con un peso más importante es el de la información presentada, con un máximo de 120 puntos. El hospital con la puntuación más elevada obtuvo 107 puntos y el que disponía de menor puntuación 26 puntos; siendo la media de todo el conjunto de la muestra de 68 puntos. Dentro de este apartado cabe destacar que todos los sitios web de los hospitales de la muestra disponen de información de acceso al hospital y de cartera de servicios. Por otra parte, en más de un 80% de los centros hospitalarios se realiza una adecuada presentación del hospital, se identifica el personal médico y existe sección de noticias de interés general. No obstante, en sólo dos hospitales hay información sobre listas de espera y, en menos de la mitad de los centros, existe información sobre preparación de pruebas diagnósticas y se dispone de apartado dedicado a la investigación o docencia. Por último, en la

mayoría de centros hospitalarios aparece guía para el paciente pero en sólo 18 de los hospitales (46%) esta guía está correctamente detallada.

En el apartado de actualización de los contenidos, en 24 hospitales encontramos la fecha de actualización en la página web, aunque de estos hospitales, sólo 8 tienen la información actualizada en menos de un mes desde la fecha de revisión. Los hospitales obtuvieron una media de 4,64 puntos, suspendiendo, por tanto, en actualización de contenidos.

El compromiso de las web con elementos que acrediten la calidad fue deficiente puesto que solo 12 sitios web (31%) disponen de un sello de calidad en su página web.

Además, en un 36% de las páginas web de los hospitales aparece un apartado específico para proveedores, cifra que se ve reducida hasta un 8% si tratamos de la existencia de un apartado específico para proveedores.

Por último, en solo 3 sitios web no se describe la política de privacidad de los datos personales introducidos por el usuario y un 73% de los web contienen herramientas 2.0. tales como blogs, RSS, presentaciones, fotografías, videos, entre otros.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El objetivo principal de la presente investigación ha sido analizar la calidad, la accesibilidad y el uso de herramientas 2.0., entre otros contenidos, de las web de los hospitales privados no benéficos catalanes. Muy a pesar nuestro, una vez analizados los resultados, se observa que en términos generales, y de acuerdo con lo que venía afirmando Conesa et al. (2011) la calidad de las páginas web analizadas es baja.

De los 39 centros hospitalarios que formaban la muestra y de los cuales se han evaluado sus páginas web, un 64% superaban la mitad de la máxima puntuación posible (145 puntos) y, por tanto, estas son de calidad relativa. Se obtiene una mayor calidad en los sitios webs de nuestra muestra respecto a otros estudios tales como Calvo-Calvo MA (2014) o Arencibia-Jimenez (2007).

Por otra parte, los sitios web que han obtenido las mejores puntuaciones totales en la evaluación realizada se alejan bastante de la puntuación máxima total que se podía obtener (290 puntos).

Cabe destacar que existe una mejora respecto a otros estudios, como los de Arencibia-Jimenez (2007), Bermudez-Tamayo (2006), puesto que todos los hospitales de la muestra disponían de sitio web.

En términos generales, se puede afirmar que los sitios webs de los hospitales privados no benéficos catalanes son accesibles, gozan de usabilidad, permiten la interactividad y la relación con los usuarios, tienen la información bien presentada, disponen de una política de privacidad detallada en su página web y utilizan las herramientas 2.0.

No obstante, aunque del mismo modo que afirma Calvo-Calvo MA. (2014) en su investigación, existe una mejora de los niveles de accesibilidad, pero debe mejorar puesto que sólo el 31% de los centros hospitalarios analizados cumplen con el

nivel WAI-AA que es el nivel mínimo que se debe cumplir legalmente para que una página web sea considerada con un nivel suficiente de accesibilidad. Existen otros trabajos que obtuvieron resultados muy inferiores a los nuestros (Mira et al. 2006) que concluyeron que ninguno de los sitios webs de los hospitales españoles públicos que analizaron cumplían los requisitos necesarios para ser considerados accesibles. Eso muestra una tendencia positiva a lo largo de los años hacia una mejor accesibilidad.

Por otra parte, haciendo referencia a la usabilidad, cabe señalar que gran parte de los hospitales privados no benéficos catalanes cumplen con los criterios evaluados en esta variable. El apartado de interactividad y relación con los usuarios (muy importante en el cuestionario), muestra mejores resultados que en los estudios anteriores ya que la media es superior a la mitad de la puntuación máxima que se podía obtener y 24 de los 29 centros hospitalarios satisfacen los criterios evaluados en esta variable.

En nuestro estudio, del mismo modo que Calvo-Calvo MA. (2014) y Díaz y Chaín (2008), las variables *actualización de los contenidos* y *referentes de calidad* no alcanzan la mitad de la puntuación máxima que se podía obtener por cada una de ellas. Por lo tanto, los hospitales deben mejorar el mantenimiento de sus páginas webs para ofrecer mejores contenidos a sus usuarios. Por su parte, destaca la casi nula aparición de sellos de calidad específicos para los sitios web sanitarios. De acuerdo con Díaz y Chaín (2008), no se debe olvidar que estos centros, aunque gocen de ánimo de lucro, son encargados de prestar asistencia sanitaria especializada y deberían asegurar y poder acreditar una alta calidad de información en sus sitios web para ganar en fiabilidad.

Cabe recordar que el apartado con un peso más importante es el de la información presentada, con un máximo de 120 puntos. En nuestro análisis, un 71% de los centros hospitalarios superan la mitad de los puntos máximos que se podían obtener (120 puntos), hecho que demuestra que existe una preocupación de los hospitales catalanes privados no benéficos en la información que presentan.

Por último, coincidimos con Conesa et al. (2011) en la dificultad de controlar la calidad de la información que aparece en las páginas web de los hospitales puesto que existen una gran cantidad de variables subjetivas que se deben tener en cuenta, lo que dificulta el proceso de elaboración de una herramienta que sea útil y accesible. Además, los resultados de este estudio disponen de una validez temporal, puesto que los sitios webs pueden modificarse en cualquier momento (Jiménez et al. 2009a). Cabe mencionar la dificultad de terminados contenidos de las páginas web por la falta de normalización en donde deben aparecer (Navarro-Arnedo 2009).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Arencibia-Jiménez, M. y Aibar-Remón C., "Páginas web de hospitales. Realidad virtual o...¿son realmente un medio útil para la difusión de información para sus usuarios?" Revista de calidad asistencial, 2007; 22(3): 118-127.
- [2] Banda-Sierra F., "Analysis of the utilization of Web 2.0. resources in secondary education and advanced vocational training studies". 10th Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2015.

HOSPITALES DE LA MUESTRA

- [3] Bermúdez-Tamayo C. et al., "Cuestionario para evaluar sitios web sanitarios según criterios europeos", *Atención primaria*, 2006; 38(5): 268-274.
- [4] Calvo-Calvo M.A., "Calidad y características de los sitios web de los hospitales españoles de gran tamaño", *Revista Española de documentación científica*, 2014; 37(1): 1-19.
- [5] Conesa M.C., Aguinaga E., Hernández J.J., "Evaluación de la calidad de las páginas web sanitarias mediante un cuestionario validado". *Atención primaria*, 2011; 43 (1): 33-40.
- [6] Da Silva P., Alturas B., "Web Accessibility: Study of Maturity Level of Portuguese Institutions of Higher Education". 10th Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2015.
- [7] De la Torre Barbero M.J., Estepa Luna M.J., López-Pardo Martínez M., León Márquez M., Sánchez Laguna F., Toledano Redondo S., "Evaluación de la calidad de las páginas webs de los hospitales del Sistema Sanitario Público de Andalucía". *Revista de Calidad Asistencial*, 2014.
- [8] Díaz A., Chaín C., "Contenidos de las web de los hospitales españoles: un aspecto pendiente de discusión y unificación". *Acimed*, 2008; 17(1).
- [9] Domínguez-Castro A., Iñesta-García A., "Evaluación de la calidad de las webs de centros de farmacoeconomía y economía de la salud en Internet mediante un cuestionario validado". *Gaceta Sanitaria*, 2004; 18(4): 295-304.
- [10] García-Lacalle J., Pina V., Royo S., "The unpromising quality and evolution of Spanish public hospital web sites". *Online Information Review*, 2011; 35(1): 86-112.
- [11] Gruca T.S., Wakefield D.S., "Hospital web sites: promise and progress". *Journal of Business Research*, 2004; 57: 1021-1024.
- [12] Jiménez J., García J.F., Bermúdez C., Silva M.M., Tuneu L., "Evaluación de sitios web con información sobre medicamentos". *Atención primaria*, 2009a; 41(7): 360-366.
- [13] Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (2015). *Catálogo Nacional de Hospitales* 2015.
- [14] Mira J.J., Llina G., Tomas O., Pérez-Jover V., "Quality of websites in Spanish Public hospitals". *Medical informatics and the Internet in Medicine*, 2006; 31(1): 23-44.
- [15] Navarro-Arnedo J.M., "Análisis de las páginas web de las Unidades de Cuidados Intensivos de España". *Enfermería Intensiva*, 2009; 20(4): 148-158.
- [16] Ortún-Rubio V., Pinto Prades J.L., Puig-Junoy J., "La economía de la salud y su aplicación a la evaluación". *Atención Primaria*, 2001; 27:148-150.
- [17] Ruiz-Granja M.J., "Análisis comunicacional de páginas web hospitalarias. El caso de los hospitales sevillanos". *Revista Española de Comunicación en Salud*, 2015; 6(2): 138-156.
- [18] Silberg W.M., Lundberg G.D., Musacchio R.A., "Assessing, controlling, and assuring the quality of medical information in the internet, caveat lector et viewer: let the reader and buyer beware". *JAMA*, 1997; 277: 1244-5.
- [19] Test de Accesibilidad (TAW) [Internet]. Gijón: Fundación CTIC. Disponible en: <http://www.tawdis.net>
- [20] Utrilla Ramírez A.M., Fernández M., Ortega J.L., Aguillo I.F. "Clasificación web de hospitales del mundo: situación de los hospitales en la red". *Med Clin (Barc)*, 2009; 132(4): 144-153.
- [21] Vidal de Carvalho J., Rocha A., "Maturity Models in the Hospital information systems management initial research". 10th Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2015.

CLINICA DEL PILAR
 CLINICA SAGRADA FAMILIA
 HOSPITAL UNIVERSITARI SAGRAT COR
 CLINICA CORACHAN
 CLINICA TRES TORRES
 HOSPITAL QUIRON BARCELONA
 CENTRE MEDIC DELFOS
 ITA MARESME
 CLINICA GALATEA
 CLINICA CREU BLANCA
 HOSPITAL SANITAS CIMA
 CLINICA PLANAS
 CENTRE OPTALMOLOGIC BARRAQUER
 POLICLINICA BARCELONA
 HOSPITAL DE BARCELONA
 CENTRO MEDICO TEKNON
 HOSPITAL UNIVERSITARI QUIRON DEXEUS
 CENTRE MEDIC SANT JORDI DE SANT ANDREU
 CLINICA TERRES DE L'EBRE
 POLICLINICA COMARCAL DEL VENDRELL
 HOSPITAL VIAMED MONEGAL
 CLINICA PSIQUIATRICA BELLAVISTA
 CLINICA TERRES DE PONENT
 CLINICA NOSTRA SENYORA DEL PERPETU SOCORS
 HOSPITAL MONTSERRAT
 CLINICA SANTA CREU
 CLINICA QUIRURGICA ONYAR
 CLINICA GIRONA
 CLINICA BOFILL
 APTIMA CENTRE CLINIC
 HOSPITAL UNIVERSITARI MUTUA DE TERRASSA
 IM CLINIC
 HOSPITAL GENERAL DE CATALUNYA
 CLINICA DEL VALLES
 CQM CLINIC MARESME
 MUTUA DE GRANOLLERS
 CLINICA DIAGONAL
 INSTITUT PERE MATA
 VILLABLANCA SERVEIS ASSISTENCIALS

Scrum Solo

Processo de software para desenvolvimento individual

Scrum solo

Software process for individual development

Tiago Pagotto

Laboratório de Inovação - LABINOV
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Cornélio Procópio, Brasil
pagotto@alunos.utfpr.edu.br

José Augusto Fabri, Alexandre L'Erario e José
Antonio Gonçalves

Laboratório de Inovação - LABINOV
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Cornélio Procópio, Brasil
{fabri,alerario}@utfpr.edu.br

Resumo – No Brasil existem muitas microempresas de software com um único desenvolvedor (desenvolvedor solo). Em pesquisa realizada pela Secretaria de Política de Informática do Ministério de Ciência e Tecnologia foi apontado que cerca de 60% das empresas de software consolidadas no mercado, iniciaram suas atividades com somente um desenvolvedor. Em sua maioria, estes desenvolvedores individuais não utilizam, formalmente, um processo de software. Neste ponto, este trabalho tem como objetivo apresentar um processo que possa ser usado de maneira formal por estes desenvolvedores solo – o Scrum Solo. Inicialmente, o procedimento definido foi experimentado no desenvolvimento de software para o Laboratório de Inovação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Posteriormente, vários alunos desfrutaram do Scrum Solo para a elaboração de seus trabalhos de conclusão de curso. Atualmente, muitas empresas que trabalham com o desenvolvimento individual se beneficiam do processo retratado neste documento.

Palavras Chave – Metodologia Ágil; Scrum; Personal Software Process (PSP); Scrum Solo.

Abstract — In Brazil there are several small software companies with only one developer (solo developer). In a survey conducted by Secretaria de Política de Informática of Ministério de Ciência e Tecnologia has been indicated that about 60% of market consolidated software companies started their activities with a single developer. The majority of these developers does not formally make use of a software process. At this point, this work aims to present a formal software process for solo developers – the Scrum Solo. Initially, the defined procedure was experienced in software development for the Laboratório de Inovação of Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Afterwards, several students made use of Scrum Solo to elaborate their completion of course works. Nowadays, plenty software companies working with individual development benefit from the process described in this document.

Keywords: Agile; Scrum; Personal Software Process (PSP); Scrum Solo.

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, atualmente existem muitos desenvolvedores de software que trabalham individualmente (solo). Estes

representam cerca de 10% da força produtiva do setor de software (fonte: ministério do planejamento do Brasil). Aliado a este número, o Brasil forma anualmente cerca de 40 mil profissionais na área de Tencologia da Informação (fonte: ministério da educação do Brasil), estes profissionais carecem de um processo de produção para o desenvolvimento de seus trabalhos de conclusão de curso.

O Scrum Solo, criado em 2012 pelos autores deste trabalho, se caracteriza como um processo iterativo e incremental que une as boas práticas delineadas pelo Personal Software Process (PSP) e pelo Scrum. O processo proposto neste trabalho vem suprir a ausência de um processo para desenvolvedores solo, fato este apontado no parágrafo anterior.

O objetivo deste artigo é justamente descrever o processo e apresentar sua aplicação no desenvolvimento de parte de um pequeno projeto de software.

Adicionalmente, o processo proposto neste trabalho é amplamente utilizando pelos alunos dos cursos de Engenharia da Computação e Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas da UTFPR - campus Cornélio Procópio. Além destes, no Paraná, muitas empresas que possuem um único desenvolvedor também utilizam o Scrum Solo.

Para atingir o objetivo traçado, o trabalho foi segmentado da seguinte maneira: as seções II e III apresentam uma visão geral do Scrum e do PSP; já a IV descreve o Scrum Solo; na V é retratada uma aplicação do Scrum Solo em parte de um pequeno projeto de software; e, por fim, as seções VI e VII abordam, respectivamente, os resultados e as considerações finais.

II. SCRUM

O Scrum é um *framework* ágil (vide Figura 1) para gerenciamento de projetos que se destaca por sua abordagem enxuta (*lean*) de desenvolvimento [2]. Inicialmente, ele foi utilizado em empresas de fabricação de automóveis e produtos de consumo. Essas empresas notaram que projetos usando equipes pequenas e multidisciplinares (*crossfunctional*) produziram os melhores resultados, e associaram estas equipes altamente eficazes a formação Scrum Rugby (utilizada para

reinício do jogo em certos casos). Jeff Sutherland, John Scummiotales e Jeff MacKenna documentaram, criaram e implementaram o Scrum na empresa Easel Corporation em 1993, incorporando estilos de gerenciamento observados por Takeuchi e Nonaka [3]. Em 1995, Ken Schwaber formalizou a definição de Scrum e ajudou a implantá-lo no desenvolvimento de software em todo mundo [4].

Por ser um modelo iterativo e incremental, o Scrum divide o projeto em vários *sprints* (ciclos curtos de desenvolvimento) consecutivos que ocorrerão de acordo com a prioridade do *product owner* (proprietário do produto). Cada período de *sprint* é definido, geralmente, entre duas e quatro semanas. Durante esse tempo, o *scrum team* (analista e programadores) se dedica ao máximo para ter um pequeno conjunto de funcionalidades codificadas e testadas [4].

A primeira atividade de cada *sprint* é uma reunião de planejamento (*daily scrum meetings*) do mesmo, na qual *product owner* e *scrum team* conversam sobre as prioridades do *product backlog* (lista de requisitos ou funcionalidades a serem desenvolvidas no software) e, assim, definem o *sprint backlog* (lista de requisitos ou funcionalidades que serão implementadas na *sprint*). Ao finalizar um *sprint*, é realizada outra reunião na qual ocorre a revisão e a demonstração das funcionalidades produzidas; com isso, obtém-se um *feedback* do *product owner*, o que pode levar a alterações nas funcionalidades recém-entregues e incrementações no *product backlog* [4].

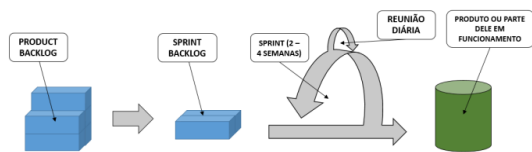


Figura 1. Fluxo do Scrum

Esta seção apresentou uma visão geral do Scrum, a próxima irá caracterizar as boas práticas do *Personal Software Process*.

III. PERSONAL SOFTWARE PROCESS (PSP)

O PSP é um processo de melhoria projetado para ajudar os desenvolvedores a controlar, administrar e aperfeiçoar sua competência para produzir software de qualidade. O propósito do PSP é ajudar o desenvolvedor a melhorar a sua forma de trabalho, entendendo sua própria performance e sabendo onde e como melhorá-la. A filosofia por trás do PSP é que a competência de uma organização para construir softwares de determinado tamanho e grau de complexidade decorre, em parte, da habilidade individual de seus engenheiros. O PSP se baseia no princípio do conhecimento, avaliação e melhorias contínuas do processo individual [3].

Este processo define cinco atividades distintas, são elas [6] [7]:

A. Planejamento: isolamento dos requisitos e, baseando-se neles, os desenvolvedores estimam o tamanho, o tempo e os recursos necessários. Toda a métrica é registrada em planilhas ou gabaritos. Finalmente, as tarefas de desenvolvimento são identificadas e um cronograma de projeto é criado;

B. Projeto de alto nível: são desenvolvidas especificações externas para cada requisito a ser construído. Protótipos são construídos quando existe incerteza. Todo tempo e esforço para a construção do projeto em alto nível devem ser registrados e monitorados;

C. Revisão do projeto de alto nível: métodos de verificação formal são aplicados para descobrir possíveis erros no projeto. Vale ressaltar novamente, que todo tempo e esforço para a construção da revisão do projeto devem ser registrados e monitorados;

D. Desenvolvimento: o projeto é refinado e reavaliado. O código é gerado, revisado, compilado e testado. As métricas de registro e monitoramento do tempo e esforço também são mantidas no desenvolvimento;

E. Pós conclusão: usando as medidas e as métricas coletadas em todas as atividades anteriores, a efetividade do processo é determinada por meio de uma análise estatística. Essas medidas e métricas devem fornecer diretrizes para a modificação do processo de modo a aperfeiçoar sua efetividade.

Adicionalmente, deve-se ressaltar que o PSP é o resultado de uma adaptação do CMMI (Capability Maturity Model – Integration) para o nível individual e é dividido em sete níveis de maturidade, sendo estes [7]:

- **Nível 0 (PSP0):** o desenvolvedor irá institucionalizar o seu processo de produção de software e registrar o tempo de desenvolvimento dos artefatos gerados.
- **Nível 0.1 (PSP0.1):** o desenvolvedor adota um padrão de código e estabelece uma métrica de software.
- **Nível 1 (PSP1):** o desenvolvedor utiliza as métricas para estimar o tamanho e a complexidade do projeto.
- **Nível 1.1 (PSP1.1):** o desenvolvedor irá planejar e executar o teste utilizando o seu relatório utilizando, para isso, métricas e a base de experiência.
- **Nível 2 (PSP2):** o desenvolvedor tem a possibilidade de promover a revisão do código e do *design*.
- **Nível 2.1 (PSP2.1):** o desenvolvedor tem condições de construir seus guias e *templates*.
- **Nível 3 (PSP3):** possibilita o refinamento cíclico do processo.

Feita a formalização do Scrum e do PSP, a seção seguinte trata a temática deste artigo, o framework Scrum aplicado à um único desenvolvedor.

IV. SCRUM SOLO

Como não é possível produzir softwares de maneira ad-hoc, o Scrum Solo¹ surge como uma customização do processo Scrum voltada para o desenvolvimento individual de software.

¹ O processo Scrum Solo pode ser visualizado na íntegra no seguinte endereço: <http://scrumsolo.wordpress.com>.



Figura 2. Fluxo do processo Scrum Solo

Ao analisar a Figura 2, é possível perceber que o Scrum Solo possui características semelhantes ao Scrum propriamente dito. O *product backlog* e o *sprint backlog* ocorrem de maneira idêntica em ambos os frameworks. No Scrum Solo, é proposto que os *sprints* tenham durações reduzidas a uma semana e não existam reuniões diárias; ao final de cada *sprint*, de forma equivalente ao Scrum, deve ser entregue, pelo desenvolvedor, um protótipo do software com novas funcionalidades e, podem existir, quando necessário, reuniões de orientação entre o grupo de validação (clientes e usuários finais) e o desenvolvedor [1].

É importante evidenciar também que o fato do Scrum Solo integrar as boas práticas da *framework* Scrum com as prerrogativas delineadas pelo PSP garante qualidade e agilidade na produção do software (vide figura 3) [6].



Figura 3. Escopo do Scrum Solo

A seguir, será descrita a especificação do Scrum Solo relacionando as atividades, atores e artefatos:

A. Atividades do processo [1] [6]

- **Requirement:** objetiva definir o escopo do produto, caracterizar o cliente do produto e definir a *product backlog*. As informações coletadas com o cliente e orientador (pessoa que possui grande conhecimento sobre o processo de software) são usadas como entradas e, os artefatos gerados nessa atividade são: escopo, *product backlog* e protótipo do software (vide Figura 4). Percebe-se que todos os artefatos gerados são armazenados em um repositório de dados. É interessante que este repositório permaneça em uma nuvem. Nota-se que o protótipo do software e o *product backlog* dessa atividade estão diretamente ligados ao projeto de alto nível (atividade do PSP – item B).

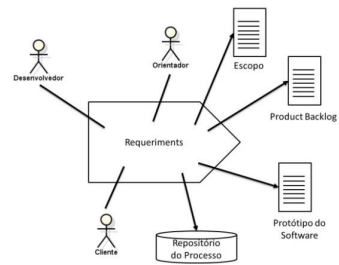


Figura 4. Atividade de Requisitos do Scrum Solo

- **Sprint:** objetiva desenvolver o conjunto de itens selecionados a partir da *product backlog* em duração máxima de uma semana. O *product backlog* e o protótipo do software são usados como entrada e, os artefatos gerados nessa atividade são: *sprint backlog*, produto, ata e planta de desenvolvimento (vide Figura 5). Nota-se que o *sprint* e a ata dessa atividade estão diretamente ligados ao desenvolvimento (atividade do PSP – item D).

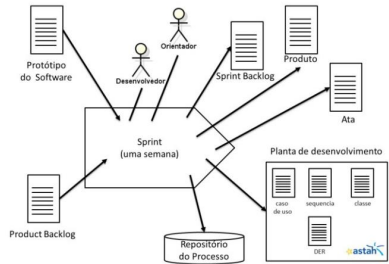


Figura 5. Atividade de Sprint do Scrum Solo

- **Deployment:** objetiva disponibilizar o produto para uso do cliente. A planta de desenvolvimento é usada como entrada e, os artefatos gerados nessa atividade são: produto e ata de validação (vide Figura 6).

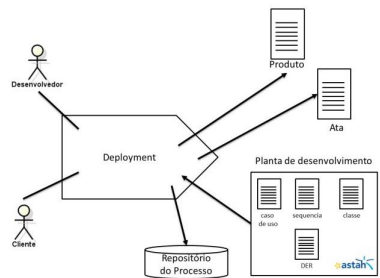


Figura 6. Atividade de Entrega do Scrum Solo

- **Management:** objetiva planejar, monitorar e controlar o desenvolvimento do produto. O *product backlog* é usado como entrada e, os artefatos gerados nessa atividade são: estrutura

analítica do projeto (EAP), cronograma, planilha de custo e planilha de controle (vide Figura 7).

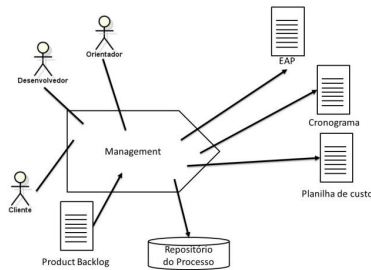


Figura 7. Atividade de Gestão do Scrum Solo

Nota-se que o cronograma e a planilha de custo dessa atividade estão diretamente ligados ao planejamento, à revisão do projeto de alto nível e à pós-conclusão (atividades do PSP – itens A, C e E, respectivamente).

B. Atores do processo [1]

- **Product owner:** caracterizado como proprietário do produto. Ele irá interagir diretamente com o produto e pode ser caracterizado como uma única pessoa, por exemplo: gerente, contador, secretária; ou, como um grupo de usuários, por exemplo: pessoas que necessitam de um aplicativo para verificar a disponibilidade de ônibus em todo o país.
- **Desenvolvedor individual:** responsável por executar o processo e construir o produto.
- **Orientador:** caracterizado como um consultor que conhece a fundo o processo. Este possui uma visão ampla da tecnologia utilizada para o desenvolvimento do produto e do escopo do projeto.
- **Grupo de Validação:** possíveis usuários do produto gerado. Este deve participar da validação do produto, a qual deve constar na ata (artefato do processo).

C. Artefatos do processo

- **Escopo:** caracteriza o escopo do processo e os aspectos inerentes ao mapeamento dos problemas do *product owner*. Descreve os principais pontos do software (aplicados na solução de problemas), o perfil do cliente e os itens da *product backlog* (requisitos funcionais) – vide artefato na nuvem do processo².
- **Protótipo de Software:** coleciona as telas para acesso e manipulação de dados do software, além das interfaces dos relatórios. Deve-se ressaltar que todos os arquivos inseridos devem estar no formato .PNG e que é importante apontar o nome do item da *product backlog* que representa a tela ou a interface de relatório – vide artefato na nuvem do processo. Este artefato se relaciona

diretamente com a atividade B do PSP – projeto de alto nível.

- **Product backlog:** caracterizado como uma lista de funcionalidades que devem ser implementadas no software. Deve ser limitada ao código da funcionalidade, a descrição, a data da inserção e a data de seleção para a *sprint backlog*. Nota-se que a data da inserção só será preenchida quando a funcionalidade for selecionada – vide artefato na nuvem do processo.
- **Repositório do processo:** caracterizado como um serviço de armazenamento de arquivos na nuvem, este objetiva armazenar todos os artefatos gerados durante a execução do processo. Este repositório deve ser organizado em diretórios e o conjunto de regras para a organização dos diretórios é de responsabilidade do desenvolvedor.
- **Sprint backlog:** armazena o conjunto de funcionalidades que devem ser implementadas durante aquele *sprint*. O *sprint backlog* armazena o código da funcionalidade (mesmo da *product backlog*) e o link para acesso a planta de especificação daquela funcionalidade. Esta planta é caracterizada pelos diagramas de: casos de uso, sequência, classes e entidade e relacionamento. É válido destacar que todos os diagramas devem ser armazenados no repositório do processo. O referido artefato possui data de inserção da funcionalidade no *sprint backlog*, tempo de construção (orçado ou previsto e realizado ou real), data de validação e, por fim, se a funcionalidade é fruto de um retrabalho – vide artefato na nuvem do processo.
- **Produto ou parte dele em funcionamento:** versão do produto que possibilite ao cliente obter um retorno sobre o investimento feito na compra do software.
- **Ata:** objetiva registrar a validação da implantação de uma funcionalidade. É utilizada no *sprint* e na entrega. No *sprint*, a funcionalidade é validada pelo orientador; já na entrega, a mesma é validada pelo cliente – vide artefato na nuvem do processo. Este artefato se relaciona diretamente com a atividade E do PSP – pós conclusão.
- **Planta de desenvolvimento:** objetiva aglutinar os artefatos que foram utilizados na especificação das funcionalidades. O Scrum Solo sugere que sejam utilizados os diagramas de: casos de uso, sequência, classes e entidade e relacionamento. Porém, de acordo com a especificidade do projeto, esta planta pode ser customizada. Uma ferramenta que possibilita a construção dos referidos diagramas é o Astah.
- **Estrutura Analítica do Projeto (EAP):** organograma que objetiva apresentar o escopo do projeto. No topo deste organograma é encontrado o nome do projeto, logo abaixo, as atividades e, posteriormente os pacotes de trabalho. Estes últimos caracterizam formalmente todo o trabalho que será feito durante a execução do projeto – vide modelo na nuvem do processo. Este artefato se relaciona com a atividade A do PSP – planejamento.
- **Cronograma:** organiza sequencialmente os pacotes de trabalho dentro de um espaço de tempo determinado. Nele, pode-se apontar o responsável pela execução de

² A nuvem que contém os artefatos do processo pode ser acessada através do endereço: <https://goo.gl/pf7NU2>. A partir deste ponto, todos os artefatos apresentados e referenciados neste item podem ser encontrados na subpasta “TEMPLATES” com seus respectivos indicadores.

cada atividade. O Scrum Solo sugere que se utilize o cronograma no formato de diagrama de Gantt – vide exemplo na nuvem do processo. Este artefato se relaciona com a atividade A do PSP – planejamento.

- **Planilha de custo:** mapea o custo efetivo gerado durante a execução do projeto. Ao final, tem-se, de forma consistente, a visão de uma comparação entre o orçamento realizado previamente e os custos e tempos reais gastos no projeto – vide artefato na nuvem do processo. Este artefato se relaciona com a atividade A do PSP – planejamento.

V. APLICAÇÃO DO SCRUM SOLO

Nesta seção iremos aplicar o Scrum Solo no desenvolvimento de parte de um pequeno projeto de software. O principal cliente deste projeto é Laboratório de Inovação³ da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Cornélio Procopio.

O software a ser construído com o apoio do Scrum Solo tem como objetivo criar um mecanismo de agendamento que pode ser feito a partir de qualquer dispositivo. O referido agendamento é feito por empresas constantemente atendidas pelo laboratório.

Inicia-se a construção do software pela atividade *Requeriments*. Conforme relatado, essa atividade requer a construção dos seguintes artefatos: Escopo, *Product Backlog* e Protótipo de Software (vide Figura 4). Estão envolvidos diretamente nesta atividade: desenvolvedor, orientador e *product owner*.

A execução da atividade de *Requeriment* requer uma interação direta entre desenvolvedor e cliente. O primeiro artefato gerado desta interação é o escopo do projeto. Ambos os itens, interação e escopo, podem ser visualizados na nuvem que contém o repositório do projeto⁴ (local de armazenamento de todos os artefatos).

Ao analisar o artefato gerado é possível perceber claramente algumas funcionalidades ou requisitos do software (no Scrum Solo estes requisitos também são chamados de itens): cadastrar empresas; agendar atendimentos; realizar atendimentos; relatar atendimentos realizados; e, relatar atendimentos a realizar. Estes itens irão compor a *product backlog*, que pode ser visualizada no repositório deste projeto.

A *product backlog* possui os campos: *ID* do item; descrição (caracteriza o nome do item); data da inserção do requisito na *Product Backlog*; e, data da seleção deste requisito para compor a *sprint backlog*.

Após o preenchimento da primeira versão da *product backlog*, é necessário delinear o primeiro protótipo do produto. Para realizá-lo é preciso interagir diretamente com o cliente. É

³ O Laboratório de Inovação (LABINOV) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Cornélio Procopio, surgiu em 2014 com a missão de oportunizar o crescimento de empresas e projetos inovadores.

⁴ A nuvem que contém o repositório do projeto pode ser acessada através do endereço: <https://goo.gl/pf7NU2>. A partir deste ponto, todos os artefatos produzidos e referenciados nesta aplicação podem ser encontrados e visualizados na subpasta “EXEMPLO DE APLICAÇÃO” com seus respectivos indicadores.

sugerida a utilização do artefato “Protótipo do Software” mapeado anteriormente na nuvem e uma caneta comum para compor a primeira versão do documento. Através de um vídeo⁵ pode ser visualizado como os autores deste trabalho realizaram a composição da interface do primeiro item da *product backlog* – Cadastrar Empresas.

Após a execução da atividade *Requeriment*, o Scrum Solo prevê que uma *Sprint* seja configurada. Paralelamente, deve-se iniciar a gestão do projeto por meio da execução da atividade de *Management*. Pode-se perceber esse paralelismo na Figura 2.

A execução da atividade *Management* irá delinear os seguintes artefatos: Estrutura Analítica do Projeto (EAP), Cronograma Inicial e Planilha de Custo. É indispensável que todos estes artefatos também sejam validados pelo cliente.

A Estrutura Analítica deste projeto também pode ser visualizada na nuvem. Nota-se que a EAP possui cinco pacotes de trabalho: cadastrar clientes; agendar atendimento; realizar atendimentos; relatar atendimentos realizados; e, relatar atendimentos a realizar. Estes pacotes são os mesmos documentados na *product backlog*.

De posse da EAP é necessário construir o cronograma de trabalho, para isto, como apresentado anteriormente, o Scrum Solo propõe ao desenvolvedor que ele utilize um diagrama de Gantt para representá-lo. O cronograma de trabalho também pode ser visualizado no repositório deste projeto.

Vale salientar que o cronograma desenvolvido deve ser consistente com a EAP (todos os pacotes de trabalho definidos no cronograma devem constar também na EAP). Observa-se também, que os pacotes de trabalho “cadastrar empresas” e “agendar atendimentos” serão desenvolvidos durante a primeira *sprint*, ou seja, na primeira semana. Este fato demonstra a consistência entre o cronograma e o Scrum Solo que prevê que as *sprints* devem durar uma semana.

O último artefato a ser construído na atividade *Management* (vide Figura 7) é a planilha de custo, a qual também deve retratar todos os itens que foram inseridos na *product backlog*, na EAP e no cronograma. A planilha de custo, apresentada no repositório deste projeto, possui o tempo e o custo orçado (em minutos) para os itens da primeira *sprint*. Ao final da *sprint*, após a reunião de orientação (realizada na presença do orientador), é necessário informar o tempo real destinado ao desenvolvimento do item da *product backlog*. Deve-se destacar que a unidade de tempo (minutos) configurada no Scrum Solo pode ser alterada de acordo com a necessidade do desenvolvedor.

É importante enfatizar que o Scrum Solo caracteriza-se pela iteratividade e incrementalidade, dentro deste contexto, os artefatos gerados pelas atividades *Requeriment* (executada sistematicamente ao longo do desenvolvimento do produto) e *Management* serão incrementados ou alterados constantemente. Estes devem ser atualizados e versionados no Repositório do Projeto.

⁵ Vídeo disponível na nuvem do processo na subpasta “EXEMPLO DE APLICAÇÃO” e também no endereço: <https://youtu.be/N8xmN25vD00>.

Após a execução da atividade de *Management*, será executada a *sprint* (vide Figura 5). Para o software caracterizado neste trabalho foram gerados os seguintes artefatos: *Sprint Backlog*, Planta de Desenvolvimento, Produto ou parte dele em funcionamento e Ata de Validação. A maior parte destes artefatos referidos anteriormente podem ser encontrados na nuvem do projeto.

Ao analisar a *sprint backlog* é possível verificar a presença dos seguintes itens: Cadastrar Empresas e Agendar Atendimentos. Estes itens fazem parte do cronograma apresentado na atividade de *Management*, provendo assim uma consistência entre os artefatos gerados. “Cadastrar Empresas” também foi especificado por meio da planta de desenvolvimento, o link desta especificação também está presente na *sprint backlog*. A data de inserção e o tempo de construção (em minutos) orçado também fazem parte do escopo. Observa-se que os tempos orçados para os itens equivalem com os da planilha de custo gerada na atividade de *Management*. Precisa-se ressaltar que a data de validação do produto e o tempo realizado devem ser inseridos no artefato ao final da *sprint* (neste caso o tempo realizado é de 250 minutos e data de validação ocorreu no dia 06/01/2016). O campo “retrabalho” tem como objetivo denotar se o item gerado durante a *sprint* não foi validado e deve sofrer alguma alteração.

O Scrum Solo prevê que a planta de desenvolvimento do software seja desenvolvida com a ferramenta Astah⁶, amplamente utilizada neste trabalho.

A Ata de Validação demonstra formalmente se o item foi aceito pelo orientador no final da *sprint*.

Por fim, a atividade de *Deployment* (vide Figura 6) tem como objetivo validar todo trabalho de desenvolvimento junto ao Grupo de Validação. Esta atividade é de suma importância, pois é por meio dela que o software entra em funcionamento.

VI. RESULTADOS

Conforme relatado na introdução deste trabalho, o Scrum Solo foi criado em 2012. Vários desenvolvedores solo vêm utilizando o referido processo com êxito. Os resultados quantitativos e qualitativos do sucesso deste modelo são apresentados nos itens a seguir:

- 55 alunos dos cursos de Engenharia da Computação e Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná utilizaram o Scrum Solo nos anos de 2012, 2013 e 2014 e obtiveram sucesso no desenvolvimento de seus produtos.
- Um mapeamento efetuado pelos autores deste trabalho detectou 8 alunos e ex-alunos dos cursos de Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná que utilizam o Scrum Solo no desenvolvimento de produtos caracterizados como software. Estes alunos relatam que o processo apresentado neste artigo supre as necessidades eminentes na produção de software. Segundo os ex-alunos, o processo atende as

expectativas inerentes a gestão de projetos do cliente e do desenvolvedor.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo descrito neste trabalho une algumas práticas do *Personal Software Process* (PSP) ao Scrum. O PSP se caracteriza como um processo de software que apresenta o que deve ser feito para se ter um produto de qualidade. O Scrum se apresenta como um processo iterativo e incremental que tem como objetivo sistematizar o desenvolvimento de um software por meio da execução de uma série de *sprints*. A união destes dois processos geraram o Scrum Solo e, este último une as boas práticas apresentadas pelo PSP à sistematização produtiva garantida através do Scrum. O Scrum Solo transpõe a barreira do que deve ser feito e apresenta como fazer, fato este abordado na seção V.

Na seção V é perceptível que os artefatos gerados com o Scrum Solo são armazenados em um repositório na nuvem. É crucial que estes itens armazenados sejam colecionados em uma página acessível ao cliente, permitindo sua visualização.

O Scrum Solo apresenta formalmente o Astah para automatizar a construção da planta do software. Os autores deste trabalho julgam que esta ferramenta reúne todos os diagramas e artefatos necessários para a construção de um software..

Por fim, é importante ressaltar que o Scrum Solo encontra-se em constante evolução. Esta pode ser feita por qualquer desenvolvedor e reportada aos autores deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio, delineado para apresentação deste trabalho, da Fundação Araucária, da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. A. Fabri, A. L'Erario e T. Pagotto, “SCRUM SOLO”, disponível em: <https://www.scrumsolo.wordpress.com/>, acessado em: 18 de fevereiro de 2016.
- [2] M. Cohn, “MOUNTAIN GOAT SOFTWARE”, disponível em: <https://www.mountaingoatsoftware.com/agile/scrum>, acessado em: 24 de fevereiro de 2016.
- [3] J. Sutherland, A. Viktorov, J. Blount e N. Puntikov, “Distributed SCRUM: Agile Project Management with Outsourced Development Teams”, Hawaii International Conference on Software Systems (HICSS'40), 2007.
- [4] K. Schwaber, “Agile Project Development with SCRUM”, capítulos 1-2, Microsoft Press, 2004.
- [5] W. S. Humphrey, “PSP: a Self-Improvement Process for Software”, Addison-Wesley Professional, 2005.
- [6] R. Guoping, D. Shao e H. Zhang, “SCRUM-PSP: Embracing Process Agility and Discipline”, 17th Asia Pacific Software Engineering Conference (APSEC'10), 2010.
- [7] W. S. Humphrey, “The Personal Software Process (PSP)”, Carnegie Mellon University, 2000.

⁶ A ferramenta Astah está disponível no endereço: <http://www.astah.net/>.

Comparando sistemas WebGIS de exibição e processamento de informação geográfica no contexto da INDE

Comparing Web GIS systems for display and processing geographic information in the context of INDE

Fábio J. B. Fonseca, Lucas V. S. Pereira,

Jururta Lisboa-Filho

Universidade Federal de Viçosa

Viçosa, MG, Brasil

fabio.fonseca@ufv.br, lucasvsilvap@gmail.com,

jururta@ufv.br

Alisson R. Alves

Centro Internacional de Hidroinformática (CIH)

Foz do Iguaçu, PR, Brasil

alisson@pti.org.br

Resumo — A visualização e processamento de informações geográficas é uma parte importante para uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE). Escolher o sistema de software para realizar essa tarefa é trabalhoso e complexo. Para auxiliar os implementadores de IDE a definirem quais sistemas poderão ser utilizados, este artigo faz uma comparação de alguns dos sistemas disponíveis atualmente e utilizados por diversas IDE existentes, a fim de fornecer informações para tomada de decisão na escolha dos sistemas a serem utilizados na IDE. Os sistemas foram avaliados com base na implementação da IDE para o projeto TERRANTAR. Este projeto cujo objetivo é disponibilizar dados geoespaciais sobre o continente Antártico, mais especificamente sobre a área de atuação do governo brasileiro naquele continente. Essa análise foi feita utilizando critérios baseados na modelagem de comunicação utilizando WebGIS para difusão e processamento de dados geoespaciais.

Palavras Chave - *WebGIS, Web Map Service, Infraestrutura de Dados Espaciais, INDE.*

Abstract — Visualization and processing of geographic information is an important part for a Spatial Data Infrastructure (SDI). Choose the software system to accomplish this task is laborious and complex. To assist SDI implementers to define which systems should be used, this article analyzes some of the currently available systems and used by a variety of existing SDI in order to provide information for decision making in choosing the systems to be used in the SDI. The implementation of the SDI for TERRANTAR project evaluated the systems. This project aimed at providing geospatial data on the Antarctic continent, more specifically on the Brazilian government's area of operations. Communication modeling using Web GIS for dissemination and processing geospatial data made these analysis criteria.

Keywords - *WebGIS, Web Map Service, Spatial Data Infrastructure, INDE.*

I. INTRODUÇÃO

Sistemas de Informação Geográfica (*Geographic Information System*, GIS) são sistemas computacionais que integram hardware, software, dados e procedimentos de trabalho [1]. Com o advento da Internet, novas capacidades foram agregadas aos GIS, tais como a disseminação de geo informações e a utilização de usuários em diferentes localidades [2]. Segundo [3], a Internet rapidamente se tornou o meio preferencial para disseminação de dados geoespaciais. Os custos de acesso cada vez mais baixos motivaram o desenvolvimento de toda uma nova classe de sistemas de informação, com uma arquitetura diferenciada em comparação com a de seus predecessores. Para [4], a expansão da Internet forneceu duas principais capacidades aos usuários de informações geográficas: primeiro, permitiu a interação visual dos dados, por meio da criação de servidores Web para a produção de mapas; segundo, os dados geoespaciais podem ser acessados de forma ampla, permitindo ao usuário trabalhar de qualquer local.

Um sistema de GIS na Web, ou WebGIS, é um software para consulta visual e para realização de operações de análise e interação com dados e informações geoespaciais na Internet [2]. Segundo [5] WebGIS são sistemas de informações geográficas (GIS) que utilizam tecnologias promovidas pela Web. Permitem a disseminação de dados geoespaciais e também a realização de processamento desses dados de forma fácil e com baixo custo. Muitas organizações estão interessadas em distribuir mapas e ferramentas de processamento, sem restrição de tempo e local para os usuários [6].

Os sistemas WebGIS têm evoluído para a plataforma orientada a serviços [7]. A plataforma orientada a serviços permite a troca de dados, compartilhamento de tarefas e automatização de processos pela Internet [8][9]. Os serviços Web facilitam a interoperabilidade na transmissão de

informações, na execução de serviços e na comunicação dos catálogos geográficos, por meio dos padrões descritos pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC) [10]. A OGC é uma organização que promove os mecanismos de normatização para os serviços de catálogo e oferece uma independência tecnológica que permite apresentar, de diversas maneiras, as informações geográficas na Web [11] [12].

A comparação dos sistemas realizada nesta pesquisa tem por objetivo auxiliar os desenvolvedores de sistemas WebGIS na escolha do software para visualização e processamento de informações geográficas. Outro objetivo deste trabalho é auxiliar os diversos órgãos de empresas públicas ou privadas, que queiram se adequar à ação da concepção da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) do Brasil, na implantação de suas infraestruturas de dados espaciais (IDE), descrevendo as melhores características encontradas nos sistemas. Para isso, foi feita uma análise comparativa entre os sistemas escolhidos, para identificar qual sistema é mais robusto, apresenta melhor as informações, possui as melhores ferramentas, maior capacidade de interoperabilidade e facilidade na instalação e documentação.

O restante do artigo está organizado como segue. A Seção II descreve como os sistemas foram escolhidos, relatando os critérios utilizados e os filtros. A Seção III descreve os sistemas de avaliação utilizados sobre os WebGIS selecionados, quais foram os critérios da análise, configuração dos sistemas e as pessoas envolvidas. A Seção IV descreve a análise dos resultados obtidos com a pesquisa. A Seção V apresenta algumas considerações finais.

II. ESCOLHA DOS SISTEMAS WEBGIS

[13] apresenta uma lista de software livres voltados para a área de informação espacial com mais de 350 sistemas listados, com crescente aumento a cada ano. Nesta lista figuram sistemas com diferentes propósitos de utilização, razão pela qual realizou-se uma análise para a definição sobre quais desses sistemas eram Web e tratavam da exibição e processamento de dados geoespaciais. Além da lista que serviu de guia para a escolha dos sistemas escolhidos, foi feita uma busca em 56 IDE disponíveis na Web, para descobrir como estas IDE apresentam suas informações geográficas. Foram analisadas IDE de diversos países como Colômbia, Chile, Suíça, Espanha, entre outros. Com esse levantamento, chegou-se na lista de sistemas que foram comparados nesta pesquisa.

Analisando a lista de [13] foi verificado quais sistemas apresentam atualizações constantes, ou que ainda apresentam novas versões com correções de problemas e defeitos, sistemas que estão ativos, ou seja, que não foram descontinuados. Outro fator da escolha dos sistemas foi localizar possíveis usos dos mesmos, para saber onde e por quem estão sendo utilizados. Muitos dos sistemas listados não apresentam atualizações nos últimos anos, desta forma foram descartados mais de 90% da lista apresentada, muitos sistemas não eram atualizados a pelo menos 10 anos. Dos 35 sistemas restantes, verificou-se os sistemas que possuíam o maior uso nas diversas IDE consultadas. Portanto, analisando os sistemas restantes e as IDE estudadas, chegou-se a um número de 14 sistemas, listados na Tabela I.

Da lista inicial, foram analisados quais sistemas estavam de acordo com os objetivos desta pesquisa. Os sistemas Mapserver, Mapfish, MapProxy, Geoserver e P.Mapper foram descartados, pois são provedores de mapas, sem o recurso de geoprocessamento das informações. UDig e Quantum Gis são sistemas desktop, para visualização e geoprocessamento de informações, mas como o objetivo deste estudo está relacionado com WebGIS, estes dois sistemas foram descartados. Desta forma, 7 sistemas atenderam os objetivos, critérios e filtros desta pesquisa, os quais estão destacados em negrito, na Tabela I.

TABELA I. PRIMEIRA LISTA DE SISTEMAS ESCOLHIDOS

Nome	Site
Geoserver	http://geoserver.org/
Mapserver	http://www.mapserver.org/
MapProxy	http://mapproxy.org/
Deegree	http://www.deegree.org/
UDig	http://udig.refractory.net/
Quantum GIS	http://qgis.org/
P.mapper	http://pmapper.sourceforge.net/
Mapbender3	http://mapbender3.org/
GeoMoose	http://www.geomoose.org/
GeoNodo	http://www.geonodo.cl/
I3geo	http://www.i3geo.com.br/i3geo/init/index.php
Esri	http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline/map/maps-and-map-layers
GeoMajas	http://www.geomajas.org/
Map fish	http://www.mapfish.org/

III. SISTEMA DE AVALIAÇÃO

A. Critérios da análise

Segundo [14], três aspectos devem ser levados em consideração sobre a visualização de dados geográficos: primeiro, deve possibilitar a apresentação do dado espacial; segundo, deve possibilitar que o usuário analise os dados, podendo inclusive manipular os mesmos; terceiro, deve permitir que o usuário explore dados ainda desconhecidos e sem informação. [15] descreve um modelo para avaliar os sistemas na difusão de dados geográficos e promoção da análise espacial, contemplando os aspectos levantados por [14] e utilizando uma nova abordagem, com conceitos Web 2.0. A Tabela II exibe os requisitos propostos por [15], para avaliação da funcionalidade de visualização dos dados geográficos em sistemas WebGIS.

TABELA II. REQUISITOS PARA AVALIAÇÃO

Requisito	Descrição do requisito
Rq01	Ferramentas básicas: Zoom, PAN, Fit view e Informação
Rq02	Ferramentas iterativas: Medir trecho, Medir área, Consultar dados, Inserir elementos, Impressão
Rq03	Interface dos sistemas: Ordenamento da layer, Conexão com WMS, Legenda, Customização da interface pelo administrador
Rq04	Customização da interface por parte do usuário
Rq05	Customização da interface por parte do implantador
Rq06	Configuração da apresentação

Outros requisitos foram utilizados para avaliação dos sistemas WebGIS: primeiro, apresentação de ferramentas para aplicação de serviços Web, pois, segundo [16], com o desenvolvimento dos serviços Web geoespaciais, os GIS disponíveis na Web evoluíram para a plataforma orientada a serviços, sendo possível criar uma base sólida e unificada das informações geográficas e apresentar as mesmas informações em sistemas diferentes, utilizando os serviços Web; segundo, existência de documentação, para [17], além de instruir os usuários no que eles precisam, a documentação também faz com que os usuários se tornem melhores conhecedores do sistema; terceiro, facilidade de implantação, pois pessoas de diferentes áreas atuam com WebGIS e podem não ter as mesmas facilidades que pessoas da área de computação, daí a importância de que a implantação seja fácil e transcorra em poucas etapas. Esses três requisitos estão sumarizados na Tabela III.

TABELA III. REQUISITOS EXTRAS PARA AVALIAÇÃO DOS WEBGIS

Requisito	Descrição do requisito
Rq07	Documentação e manuais para o usuário
Rq08	Uso de serviços de mapa Web (WMS)
Rq09	Implantação

B. Configuração dos sistemas

O ambiente de implantação dos sistemas foi definido utilizando dois microcomputadores com as mesmas configurações. Ambos possuem instalados o sistema operacional Linux 14.10, processador Intel Core i5-4460S CPU 2.90 GHz x 4, 8 GB de memória RAM.

Para melhor utilização e para enriquecimento da pesquisa, foram implantados os sistemas, utilizando a base de dados provinda do projeto TERRANTAR. O projeto TERRANTAR faz parte do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT - Criosfera), que reúne pesquisadores de todo o país para pesquisas sobre o continente Antártico. O projeto estuda as mudanças climáticas, características dos solos de regiões frias, as emissões de carbono dos solos e os efeitos da poluição causada pelo homem. Reúne diversos materiais a respeito do continente Antártico e de diferentes colaboradores, precisando do acesso de qualquer lugar do país para visualizar e processar suas informações por meio da Web. Para a instalação de cada sistema foram levantados os pré-requisitos contidos nas páginas Web de cada sistema para, em seguida, realizar a instalação. Cada sistema possui suas particularidades e, por isso, a descrição da instalação em si não é apresentada neste artigo.

C. Pessoas envolvidas

O projeto TERRANTAR, conta atualmente com três professores do Departamento de Solos, um estudante do curso de Agronomia, coordenando os trabalhos de elaboração do banco de dados e de elaboração dos metadados e dois estagiários do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica. Todos os participantes são usuários experientes com aplicações de GIS.

IV. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Inicialmente os sistemas foram instalados nos servidores e foram feitas as configurações de cada sistema, visando atender

as demandas do projeto TERRANTAR. Na etapa de instalação, ao realizar o download dos sistemas para o servidor, alguns problemas foram encontrados: O GeoNodo é um software de código aberto e livre, mas não foi obtido acesso ao código fonte, desta forma, o GeoNodo não foi instalado nos servidores. Diversas mensagens eletrônicas foram enviadas pelo sistema de contato existente no site <http://www.geonodo.cl/>, não sendo obtida qualquer resposta. O software possui uma página de demonstração do produto e, com isso, as análises das ferramentas puderam ser feitas, mas não foi possível analisa-lo sobre o requisito de implantação e configuração da apresentação.

Outro problema encontrado foi com o sistema Deegree, em cujo site principal existe a informação de que ele oferece componentes para a gestão de dados geoespaciais, incluindo acesso dos dados espaciais, visualização e segurança. Porém, o sistema é limitado na parte de gestão e visualização de dados e não apresentou alguns dos elementos básicos da visualização e das ferramentas interativas.

Segundo a metodologia apresentada por [14], as ferramentas básicas mais utilizadas pelos usuários são os botões *zoom*, *pan*, *fit view* e *informação*. Logo, foi avaliado quais sistemas possuíam estas funcionalidades e quais não, os resultados podem ser vistos na Tabela IV.

TABELA IV. RQ01 FERRAMENTAS BÁSICAS

Sistema	Zoom	PAN	Fit view	Informação
GeoMajas	x	x	x	x
Geomoose	x	x	x	x
Esri	x	x	x	x
Mapbender3	x	x	x	x
I3geo	x	x	x	x
GeoNodo	x	x	x	x
Deegree				

Na Tabela V, são representadas as ferramentas interativas mais utilizadas em sistemas WebGIS, pois auxiliam na realização de tarefas elementares no processamento de informações geográficas.

TABELA V. RQ02 FERRAMENTAS INTERATIVAS

Sistema	Medir trecho	Medir área	Consultar dados	Inserir elementos	Impressão
GeoMajas	x	x			x
Geomoose	x	x		x	x
Esri	x	x	x	x	x
Mapbender3	x	x	x	x	x
I3geo	x	x	x	x	x
GeoNodo	x	x	x		x
Deegree	x	x			x

Alguns detalhes sobre a interface dos sistemas devem ser levados em consideração devido à importância para a apresentação dos dados, como visto na Tabela VI.

TABELA VI. RQ03 INTERFACE DOS SISTEMAS

Sistema	Ordenamento da layer	Conexão com WMS	Legenda	Customização da interface pelo administrador
GeoMajas		x	x	x
Geomoose			x	
Esri	x	x	x	x
Mapbender3	x	x	x	x
I3geo	x	limitado	x	x
GeoNodo		x	x	
Deegree			x	

Os GIS permitem a customização da interface do usuário e esta funcionalidade não pode faltar nos WebGIS, pois cada usuário pode customizar a visualização das informações e posicionar os elementos de acordo com sua necessidade. Na Tabela VII pode ser observado como os sistemas lidam com essa funcionalidade.

TABELA VII. RQ04 CUSTOMIZAÇÃO DA INTERFACE POR PARTE DO USUÁRIO

Sistema	Característica
GeoMajas	Permite alterar o tamanho dos elementos apresentados na página, aumentar o tamanho do mapa e retrair e expandir os elementos laterais.
Geomoose	Permite apenas alterar o tamanho do menu lateral esquerdo, fazendo com o tamanho do mapa aumente.
Esri	Não permite alterar nenhum elemento do mapa.
Mapbender3	Permite alterar as barras laterais de posição e remover itens.
I3geo	Retrai e expande as barras laterais, aumenta e diminui a barra de ferramentas.
GeoNodo	Retrai e expande as barras laterais, aumenta e diminui a barra de ferramentas.
Deegree	Não permite qualquer alteração no mapa apresentado.

A customização da interface por parte do implantador é necessária, pois permite que diferentes organizações utilizem o mesmo sistema, mas com liberdade de customizá-lo de acordo com suas necessidades. Na Tabela VIII são apresentados os níveis de facilidade, dificuldade e quais elementos e componentes são permitidos na customização da interface por parte do implantador.

TABELA VIII. RQ05 CUSTOMIZAÇÃO DA INTERFACE POR PARTE DO IMPLANTADOR

Sistema	Característica
GeoMajas	Oferece customizações da interface, mas difícil localização para alteração. Não possui nenhum menu para alterar a interface pelo administrador e o código fonte para alterar os elementos não está bem definido, localizando em diferentes partes.
Geomoose	Permite a edição de algumas partes do visualizador, mas nenhuma mudança radical dos elementos. Alteração no logotipo, cores, nome do projeto ou empresa, etc.
Esri	Oferece diversas maneiras para apresentar o mesmo mapa. Permite ao implantador visualizar o mapa em temas diferentes, atualmente estão disponíveis 24 temas. São oferecidas ainda algumas alterações do tema, como por exemplo, mudança da cor dos elementos, alteração do título, imagens do logotipo, etc. Caso sejam necessárias alterações na organização dos elementos, é preciso alterar diretamente no código

Sistema	Característica
Mapbender3	fonte. Oferece temas prontos para o implantador e também permite a criação de um mapa do zero, permitindo escolher a localização de diversos componentes pelo mapa. São mais de dez itens que podem ser escolhidos e personalizados quanto a sua localização. Possui quatro partes visuais disponíveis para escolha dos elementos, rodapé, cabeçalho, barra lateral e conteúdo principal. Além de permitir a alteração nos elementos básico como logotipo, nome do projeto e empresa, cores. Porém o código fonte para alteração destes elementos não é simples de localizar.
I3geo	Existem diferentes modelos já definidos, bastando o implantador alterar o código em um arquivo de configuração. Também existe a possibilidade de alterações na visualização, mudanças que não são tão simples quanto a versão que já está pronta. Nos testes feitos, houve alguns problemas para troca da visualização das barras laterais de posição. Fácil customização dos elementos básicos, tais como logotipo, cores, nomes.
GeoNodo	Não foi obtido acesso ao código fonte e à parte administrativa, portanto as alterações que são permitidas para o implantador não foram contempladas.
Deegree	Possui pouquíssimos elementos visuais e nenhuma customização foi possível.

A configuração dos sistemas é uma etapa trabalhosa, pois envolve vários programas com características particulares, necessitando atenção especial em cada sistema. Na Tabela IX estão listados os desafios encontrados na configuração da apresentação dos dados para os usuários.

TABELA IX. RQ06 CONFIGURAÇÃO DA APRESENTAÇÃO

Sistema	Característica
GeoMajas	A Configuração é complexa, o <i>site</i> possui pouquíssima documentação, no que diz respeito à parte de alterar os temas e à visualização dos dados. Configurar um servidor de WMS para a apresentação dos dados é complexo, utiliza várias linhas de código e as alterações são feitas diretamente no arquivo.
Geomoose	Muito difícil criar camadas. Na maioria das vezes, o sistema não carregou o WMS e a parte de Log não apontava onde ocorriam os erros. A personalização do tema não apresenta dificuldades.
Esri	A configuração é feita <i>online</i> . O <i>site</i> é intuitivo e possui boa documentação. Após a configuração, basta salvar o mapa e gerar o código, que é utilizado para ser adicionado no servidor local. Como é um serviço <i>Web</i> , o sistema local acessa os servidores da Esri com base no código e então são feitas as buscas do sistema previamente configurado. Achar o código fonte não é crucial e de difícil localização.
Mapbender3	A configuração do sistema é feita por meio de um painel administrativo bem intuitivo e muito bem documentado. O sistema permite várias adaptações na visualização das informações; permite remover e adicionar elementos, possui componentes para adicionar servidores WMS; apresenta dois aplicativos de demonstração previamente instalados, caso não queira configurar um sistema a partir do zero. Ocorreram problemas na configuração, pois, por mais que se tenha colocado os mesmos elementos que os previamente instalados, não foi possível atingir o mesmo resultado. Não é fácil descobrir onde os dados ficam armazenados para realizar alterações. As alterações podem ser feitas no painel administrativo ou podem ser feitas diretamente nos arquivos.
I3geo	Possui boa documentação para configuração, porém

	vários erros surgiram na alteração da exibição das informações. O sistema é instalado com informações em excesso, apresenta dados de outras bases, que muitas vezes fogem ao escopo do projeto, por isso, foi preciso limpar essas informações prévias para depois inserir as configurações. A maioria das alterações é feita diretamente nos arquivos. O painel administrativo é pouco intuitivo e sem padrão <i>Web 2.0</i> .
GeoNodo	Não avaliado por falta de acesso ao código para implantação.
Deegree	Após a instalação, o <i>Deegree</i> assim como <i>Mapserver</i> e <i>Geoserver</i> poderia ser classificado como um servidor de mapas ou camadas. Seu visualizador é limitado e não possui qualquer recurso de Geoprocessamento, diferentemente do que está escrito no <i>site</i> principal. Não foi possível criar qualquer alteração que fizesse sentido no objetivo desta pesquisa.

Para a realização das etapas anteriores, a documentação foi fundamental para os implantadores. Por isso, os sistemas foram analisados neste requisito para usuários e futuros implantadores dos sistemas. A Tabela X descreve como os sistemas apresentam sua documentação e em quais níveis: manuais de usuário, para desenvolvedores, implantadores, etc.

TABELA X. RQ07 DOCUMENTAÇÃO E MANUAIS PARA O USUÁRIO

Sistema	Característica
GeoMajas	Possui uma página de documentação, existe documentação separada para usuário e desenvolvedor. Conteúdo apenas em inglês. Poucas instruções.
Geomoose	Possui uma documentação completa, ensinando várias etapas da utilização e configuração do sistema. Possui informações para o usuário, implantador e desenvolvedor. Conteúdo apenas em inglês.
Esri	Possui um excelente guia para o usuário e implantador, com vídeos mostrando passo a passo as etapas para configuração de mapas, administração do sistema, publicação de camadas, etc. Conteúdo em português.
Mapbender3	Documentações separadas para usuários, implantadores e desenvolvedores. Conteúdo em inglês e alemão. Possui um guia com imagens para auxiliar os utilizadores. Conteúdo completo da configuração e utilização.
I3geo	Possui conteúdo totalmente em português, por se tratar de um sistema brasileiro. Conteúdo completo para auxiliar os usuários e implantadores. Possui a documentação da API para ser utilizada por desenvolvedores.
GeoNodo	Existe um guia para instruir o usuário na utilização dos sistemas, mas não encontramos a documentação para realizar a instalação.
Deegree	Possui uma página online ou a possibilidade de download do arquivo da documentação. Documentação com vários guias para os utilizadores. Conteúdo apenas em inglês.

Como foi mencionado anteriormente, a utilização de serviços Web é importante para evitar a duplicação de dados. O sistema Geoserver foi utilizado para hospedar todos os arquivos, fazendo desta forma apenas um único cadastro de dados. Todos os sistemas analisados fizeram a leitura e interação com o serviço de Mapa Web (WMS). A utilização de serviços Web foi classificada como uma funcionalidade relevante para um sistema de visualização de dados. Na Tabela XI estão as informações sobre cada sistema na utilização de serviços web como o WMS.

TABELA XI. RQ08 USO DE SERVIÇOS DE MAPA WEB (WMS)

Sistema	Característica
GeoMajas	A configuração do WMS é complexa, foi preciso criar um arquivo extenso com várias configurações. O sistema não oferece a entrada do WMS pelo usuário.
Geomoose	Difícil configuração do WMS, o sistema não oferece a entrada do WMS pelo usuário.
Esri	O sistema não permite a entrada do WMS pelo usuário, mas a inserção do WMS pelo implantador é extremamente fácil e possui manual para auxílio.
Mapbender3	Oferere a entrada do WMS pelo usuário e a configuração do WMS é extremamente robusta, com várias configurações adicionais e de fácil inserção.
I3geo	Não permite a entrada do WMS pelo usuário, mas oferece uma página de configuração do WMS para o implantador.
GeoNodo	Oferere a entrada do WMS pelo usuário. Não foi obtido acesso à parte administrativa para configurar um WMS pelo implantador.
Deegree	Por ser um servidor de mapa, o próprio mapa exibido é um WMS, mas não há possibilidade de adicionar outro WMS ao mesmo mapa.

A implantação é a primeira etapa de todo o processo. Consiste em baixar o código fonte dos sistemas, realizar a instalação no servidor e configurar os componentes extras necessários a cada sistema. As implantações dos sistemas foram realizadas por dois implantadores, um sênior e um júnior. Cada um executou a instalação de todos os sistemas analisados para que fosse dado um parecer individual de acordo com seu nível de experiência com instalação de sistemas. Na Tabela XII estão os pareceres combinados dos implantadores.

TABELA XII. RQ09 IMPLANTAÇÃO

Sistema	Característica
GeoMajas	Por ser Java, a instalação precisou da utilização do <i>Tomcat</i> que algumas pessoas sem conhecimento em Java podem ter dificuldades, mas a instalação é simples, basta seguir os passos indicados pelo site.
Geomoose	Instalação simples para o implantador Sênior, mas trabalhosa para o implantador Júnior, este não conseguiu encontrar os erros da instalação, pois o Geomoose não apresentou os mesmos de forma explícita, dificultando a solução e reparo.
Esri	A instalação é diferente dos outros sistemas, é preciso configurar o mapa online e, com o código gerado, baixar do site e realizar a instalação, que é simples, bastando copiar a pasta com o código fonte para dentro da pasta de configuração do apache. Porém encontrar o código fonte através do site não é simples, pois a informação para esta tarefa fica escondida e foi preciso vários níveis de páginas para ter acesso ao código.
Mapbender3	A instalação do mapbender3 é bem documentada, mas apresenta várias etapas que para alguns pode ser complicada. Existe um assistente para verificar todos os requisitos do sistema, verificar quais estão bem configurados e quais são os problemas encontrados. Esse assistente ajuda a apontar os problemas, mas para uma pessoa leiga em instalação, pode ser trabalho sanar todos os erros devido à dificuldade de interpretação dos mesmos e encontrar as possíveis soluções. Para fazer a instalação, é preciso realizar alguns comandos de alteração de acesso das pastas no Linux, tarefa perigosa e que pode danificar todo o sistema, se mal executada.
I3geo	Apresenta boa documentação para instalação, mas assim como para o Mapbender3, foi preciso criar pastas no servidor e alterar permissões de acesso. Possui diversos materiais disponíveis na Web para auxílio na instalação.

GeoNodo	Não avaliado, pois não foi obtido acesso ao código para implantação.
Deegree	Fácil instalação, sem complexidade, porém também necessita de um servidor Java o que pode não ser tão simples para pessoas sem experiência com implantação.

V. CONCLUSÃO

Este artigo comparou sistemas WebGIS para exibição e processamento de informações geográficas no contexto da INDE selecionados da lista de [13]. A partir desta, foram utilizados critérios para filtrar sistemas Web com atualizações recentes e que atendiam aos requisitos de exibir e processar informações geográficas. Sete sistemas foram escolhidos para análise. Todos os sistemas foram implantados para o projeto TERRANTAR, do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia da Criosfera (INCT - Criosfera), que, por sua vez, reúne pesquisadores de todo o país para pesquisas na Antártica e necessitavam de um sistema para apresentação, processamento e visualização dos dados geoespaciais que possuem, através da Web.

Os sistemas foram comparados através de nove requisitos, cada sistema foi analisado individualmente e mediante os resultados obtidos, é possível observar que os sistemas Mapbender3, I3geo e GeoMajas apresentam graus de maturidade relativamente próximos e são superiores aos demais, principalmente no que tange às características de uso de serviços de Mapa Web, instalação e configuração. Porém, os sistemas apresentam particularidades, alguns quanto à instalação, outros quanto à configuração e documentação. Definir o sistema a ser instalado deve levar em consideração o aspecto que melhor atenda as necessidades do implantador, como, por exemplo, ser de fácil instalação, apresentar compatibilidade com serviços Web, ter boa documentação. Esses aspectos devem ser analisados e utilizados na escolha do sistema.

No caso do projeto TERRANTAR, o aspecto mais importante que um sistema deveria apresentar seria a habilidade de utilização de WMS. Além desse aspecto, foi escolhida a documentação como fator essencial para a escolha. Após essas análises, concluímos que os sistemas que melhor representam estes aspectos são Mapbender3 e I3geo. Caso os aspectos mais importantes fossem diferentes dos que escolhemos para definição do sistema a ser utilizado, outro sistema poderia ser escolhido, pois a diferença entre os sistemas foi sensível. Em poucos pontos os resultados das características foram muito melhores em um sistema do que em outro.

Portanto, foram apresentados nove requisitos e avaliados sete sistemas para auxiliar implantadores na escolha do sistema de exibição e processamento de informação geográfica no contexto da INDE. Foram apresentados os aspectos de cada sistema baseados nos requisitos para auxiliar à tomada de decisão. A partir desta análise, cabe ao implantador definir suas prioridades baseados nos requisitos e escolher qual sistema representa os objetivos a serem alcançados pelo projeto.

AGRADECIMENTOS

Projeto parcialmente financiado com recursos do CNPq, Fapemig e pela CEMIG-Companhia Energética de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. Dangermond, "Gis: Helping manage our world," GIS Development, vol. 10, no. 12, 2005.
- [2] C. HUBNER and F. Oliveira, "Gestão da geo informação em implementações multiusuários," no Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC, Florianópolis, 2008.
- [3] C. Davis Junior, L. Souza, and K. Borges, "Disseminação de dados geográficos na internet," Bancos de Dados Geográficos. Curitiba: Espaço Geo, pag. 353-378, 2005.
- [4] E. M. Gillavry, "Cartographic aspects of webgis software," Department of Cartography Utrecht University, Submitted thesis for degree of Ph. D, 2000.
- [5] M. Pascaul, E. Alves, T. de Almeida, G. S. de França, H. Roig, and M. Holanda, "An architecture for geographic information systems on the web webgis," in Proc. Fourth International Conference on Advanced GEO-graphic Information Systems, Applications and Services, GEOProcessing, 2012.
- [6] A. Alesheikh, H. Helali, and H. Behroz, "Web gis: technologies and its applications," no Symposium on geospatial theory, processing and applications, vol. 15, 2002.
- [7] Z.-R. Peng and M.-H. Tsou, Internet GIS: distributed geographic information services for the internet and wireless networks. John Wiley & Sons, 2003.
- [8] C. A. N. D. C. CONCAR, Plano de Ação para Implantação da INDE. 2010
- [9] K. L. Lee, J. A. M. M. David Stotts, and R. L. H. S. G. M. Emrys Treasure, Emrys Treasure, "Integrating gis visualization tools for ecosystem management," no The Sixth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services, 2014.
- [10] L. Stoimenov and S. Kajan, "Framework for semantic gis interoperability," FACTA Universitatis, Series Mathematics and Informatics, vol. 17, no. 2002, pag. 107-125, 2002.
- [11] J. Nogueras-Iso, F. J. Zarazaga-Soria, and P. R. Muro-Medrano, "Geographic information metadata for spatial data infrastructures," Resources, Interoperability and Information Retrieval, 2005.
- [12] F. J. Lopez-Pellicer, W. Rentería-Agualimpia, J. Nogueras-Iso, F. J. Zarazaga-Soria, and P. R. Muro-Medrano, "Towards an active directory of geospatial web services," no Bridging the Geographic Information Sciences, pag. 63-79, Springer, 2012.
- [13] B. Schilberg, "The FreeGis Project provides," 2009.
- [14] M. Kraak, "Visualising spatial distributions," Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Applications and Management. New York, John Wiley and Sons, pag. 157-73, 1999.
- [15] S. A. Santana, "Modelagem de comunicação em webgis para difusão de dados geográficos e promoção da análise espacial," Master's thesis, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Feb. 2009.
- [16] C. Mayer, B. Stollberg, and A. Zipf, "Providing near real-time traffic information within spatial data infrastructures," Advanced Geographic Information Systems & Web Services, 2009. GEOWS'09. International Conference on IEEE, pag. 104-111, IEEE, 2009.
- [17] L. A. Gemoets and M. A. Mahmood, "Effect of the quality of user documentation on user satisfaction with information systems," Information & management, vol. 18, no. 1, pag. 47-54, 1990.

A utilização de Histórias em Quadrinhos na Especificação de Requisitos de Software

The use of Comic Books in the Software Requirements Specification

Diomara Martins Reigato Barros, Luiz Ricardo Begosso

Centro de Pesquisa em Informática - CEPEIN
Fundação Educacional do Município de Assis -FEMA
Assis, Brasil
{barrosdiomara,begossofema}@gmail.com

José Augusto Fabri, Alexandre L'Erario, Vanderley Flor da Rosa

Departamento Acadêmico de Computação- DACOM
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, Brasil
{fabri,alerario,vanderley}@utfpr.edu.br

Resumo — Alguns dos principais problemas na especificação de requisitos de um sistema estão relacionados com a identificação do que é necessário ser desenvolvido e com o entendimento das regras de negócio da empresa. Dentro deste contexto, este artigo tem o objetivo de propor a utilização de histórias em quadrinhos na especificação de requisitos dentro de um modelo de negócio e avaliar os resultados da aplicação desta técnica. Para atingir o objetivo, os autores simularam alguns cenários utilizando histórias em quadrinhos. Dois experimentos foram aplicados para validar a proposta delineada neste trabalho. O primeiro envolveu 8 profissionais de uma empresa de desenvolvimento de software e o segundo envolveu 17 profissionais. Todos os envolvidos desenvolveram uma história em quadrinhos para mapear um processo de negócio dentro do seu ambiente de trabalho. Ao final do experimento, esses profissionais responderam um questionário, analisando as histórias em quadrinhos desenvolvidas. Os resultados foram avaliados de forma positiva, demonstrando que o uso de histórias em quadrinhos facilita a identificação dos requisitos e de vários detalhes nos processos de negócio.

Palavras Chave – Histórias em Quadrinhos; Requisitos.

Abstract — Some of the greatest challenges for Software requirements elicitation are related with the identification of what is needed to be developed and with the understanding of the organization business rules. In this context, this paper aims to suggest the use of Comic Books in the process of requirements elicitation within a business model and evaluate the results of applying this technique. To reach this target, authors proposed a scenario simulation method using Comic Books. Two experiments were applied to validate the proposal outlined in this paper. The first involved 8 professionals from a software development company and the second involved 17 professionals. All those professionals developed a comic book in order to map a business process within their work environment. In the end of the experiment, those professionals have answered a questionnaire, analyzing the comic books which had been developed. The results have been assessed in a positive way, showing thereby that the

use of comic books facilitates the details and requirements elicitation process.

Keywords – Comic Books; Requirements.

I. INTRODUÇÃO

A Engenharia de Requisitos é uma das fases mais importantes do processo de desenvolvimento de software, por ter a função de identificar os requisitos das partes envolvidas, definir as funcionalidades, restrições e escopo do produto de software a ser desenvolvido [1].

A utilização de Histórias em Quadrinhos (HQ) tem se destacado como um método eficiente no ambiente digital, proporcionando uma nova forma de leitura, especialmente com a disponibilização de ferramentas para uso em ambiente digital [2].

Sabe-se que a compreensão correta dos requisitos pelos desenvolvedores de software é um fator crítico para o sucesso do projeto, porém diversos estudos destacam que a documentação dos requisitos é considerada um grande desafio [3], [4].

É comum a existência de várias lacunas na comunicação entre os interessados pelo software e os desenvolvedores e a forma como os requisitos são interpretados [1]. Essas lacunas podem gerar duplicação, omissão ou falsa interpretação das necessidades requeridas para o produto a ser desenvolvido.

Estas dificuldades na identificação e compreensão dos requisitos de software contribuíram para a evolução e o surgimento de várias técnicas de especificação de requisitos. Neste trabalho, algumas destas técnicas são destacadas, tais como a utilização de notações visuais para especificar requisitos de software [5], o uso de histórias de usuários e técnicas de visualização [6], [7], a utilização de jogos na especificação de requisitos [8], a aplicação de técnicas de *Storytelling* [9], ou o uso de gravações de áudio [10].

Dentro deste contexto, este trabalho tem o objetivo de introduzir a utilização de Histórias em Quadrinhos para a atividade de especificação de requisitos de software, bem como avaliar os resultados da aplicação desta técnica.

Para atingir este objetivo, os autores deste trabalho conduziram o desenvolvimento de dois experimentos envolvendo profissionais de desenvolvimento de software. Nestes experimentos, os profissionais foram expostos à técnica de Histórias em Quadrinhos para identificação de requisitos e mapearam um processo de negócio dentro do seu ambiente de trabalho.

Ao final da aplicação dos dois experimentos, os profissionais de desenvolvimento de software responderam um questionário, analisando os detalhes desta experiência, e os resultados obtidos mostraram-se muito positivos, indicando que cerca de 70% dos requisitos mapeados nas HQs foram identificados de forma simples pelos participantes do experimento. No trabalho de especificação dos requisitos utilizando HQs, é possível fornecer informações, ausentes ou quase não identificadas, em outras formas de especificação de requisitos. As HQs podem ajudar as partes interessadas expressarem seus desejos de forma clara e aos engenheiros de requisitos e desenvolvedores em compreendê-los entre si. .

Nas próximas seções abordaremos a metodologia utilizada para a aplicação dos experimentos e em seguida serão apresentados os resultados obtidos.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Diversas técnicas para levantamento e especificação de requisitos de software são apresentadas pela literatura, tais como: Simulação de Cenários [3], Casos de Uso [4] [3] [11], Diagramas de Sequência [3] e Prototipação [12] [13].

Apesar da disponibilidade destas técnicas tradicionais, é comum que os desenvolvedores ignorem aspectos importantes de representação visual [5]. Um conjunto de princípios para a concepção de notações visuais cognitivamente eficazes são aqueles que são otimizados para a comunicação humana e resolução de problemas. Estas notações formam a teoria do projeto Física de Notações. Os princípios foram sintetizados a partir da teoria e as evidências empíricas a partir de uma ampla gama de campos de como notações visuais podem ser utilizadas para comunicar informações. Eles podem ser utilizados para avaliar, comparar e melhorar notações visuais existentes, bem como a construção de novas instalações.

Um fator importante para aumentar a taxa de sucesso de projetos de software é a participação dos principais interessados, a fim de definir os objetivos de negócios, o escopo do projeto e os requisitos [8]. Com isso em mente, aspectos lúdicos inerentes aos jogos podem ser usados como uma estratégia para otimizar a fase de iniciação. Os autores apresentaram o *ActiveAction*, um jogo usado como uma alternativa para a fase de Iniciação do projeto de software, a fim de aumentar a sua eficácia e melhorar o envolvimento das partes interessadas no projeto. Concluíram que a inclusão de jogos em uma atividade tão desafiadora como projetos de criação de software é viável e relataram resultados promissores que beneficiaram ambas as partes envolvidas e as organizações de desenvolvimento de software.

O desenvolvimento de software tende cada vez mais a ser um processo distribuído ou global, no qual os participantes estão geograficamente dispersos [14]. Esse cenário requer atenção para três aspectos identificados como distância física, a distância temporal e distância cultural. É aceitável argumentar que esses novos recursos terão impacto no processo de software, especialmente nas fases em que existem demandas por maior comunicação e colaboração entre os membros da equipe. Os autores apresentaram um experimento controlado realizado em um ambiente universitário que tenta adquirir requisitos de software na fase de levantamento de conhecimentos distribuídos, bem como analisaram o uso de ambientes universitários para realizar essas validações.

Em projetos de desenvolvimento de software globais com equipes e as partes interessadas distribuídas, conforme abordagem feita por [7], a comunicação e cooperação entre as partes interessadas é essencial para o sucesso desta atividade. Os autores apresentaram uma proposta para envolver as partes envolvidas durante o levantamento de requisitos, através do apoio de colaboração on-line e o uso de técnicas de visualização para estimular as partes e aumentar o seu conhecimento sobre os requisitos, em um ambiente baseado na web. Uma plataforma protótipo foi implementada e submetida a uma avaliação baseada em objetivos. Os resultados da avaliação mostram que ela realiza os objetivos propostos, que incluem o envolvimento da equipe e uma melhor compreensão dos requisitos.

Considerando que as abordagens existentes para especificação de requisitos têm se mostrado insuficientes, outra estratégia para gravar os requisitos de forma completa, consistente e correta, inclui o uso de métodos baseados em *Storytelling* (contar histórias) [9]. Os autores fizeram um estudo de caso com o objetivo de investigar como *Storytelling* pode ser eficaz na indução e desenvolvimento de requisitos. Relataram em um experimento que envolveu vinte e cinco especialistas de várias empresas industriais com o fito de coletar requisitos usando uma técnica *Storytelling* para um caso particular de máquina de bilhetes. Investigou-se a eficácia da utilização de uma técnica *Storytelling* em comparação com uma técnica tradicional de *brainstorming*. A qualidade e o grau de detalhamento dos requisitos desenvolvidos, utilizando uma abordagem *Storytelling*, foi muito maior do que os desenvolvidos usando abordagens tradicionais, tais como *brainstorming*.

Um outro método para levantamento e documentação de requisitos utiliza tecnologias colaborativas (um sistema wiki) e gravações de áudio para permitir que várias partes interessadas ao levantamento e documentação dos requisitos gravem áudios de seus raciocínios em ambientes de desenvolvimento de software distribuídos [10]. A vinculação da documentação de requisitos no wiki com seções de gravação de áudio de entrevistas semi-automatizadas com os envolvidos garantem a rastreabilidade dos raciocínios dos requisitos. Os resultados de uma avaliação do método mostram que a abordagem é promissora. Ele permite a participação de todos os interessados, apoia um entendimento comum sobre os requisitos e evita erros de interpretação e divulgação de informações falsas.

Princípios e técnicas de quadrinhos podem facilitar a construção de storyboards na abordagem da ferramenta COMuCSer (Colaboração Multidisciplinar Centrada na Engenharia de Software) [15]. Essa ferramenta fornece diretrizes como uma espécie de formalização de storyboards. Concluiu que com a história em quadrinhos, storyboards são criados rapidamente para explicar um determinado cenário. Essa notação gráfica pode ser facilmente compreendida por todos os membros de uma equipe multidisciplinar, incluindo usuários finais, e provou ser adequada para se obter um entendimento comum.

III. MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Para verificar se as HQs podem ser utilizadas na especificação de requisitos de software, os autores deste trabalho realizaram dois experimentos controlados. Os experimentos desenvolvidos são embasados por [16] e [17], e foram realizados a partir de um plano de execução dividido nas seguintes etapas: Definição do Ambiente, Definição dos Sujeitos, Definição da Amostra e Execução do Experimento.

Neste trabalho o ambiente utilizado é o empresarial, empresas da área de Tecnologia, que trabalham com desenvolvimento de softwares. Os colaboradores das empresas devem ter disponível: um computador com acesso a internet.

Cada profissional deve ter acesso a um formulário de caracterização. Este formulário tem como objetivo identificar minimamente o profissional que irá participar do ambiente. O formulário utilizado neste experimento pode ser obtido por meio do link <http://goo.gl/forms/o61ZNLtjiU>.

A definição da amostra caracteriza a quantidade de sujeitos (em nosso caso, colaboradores das empresas de desenvolvimento de software que irão participar do experimento). Nas empresas selecionadas para este trabalho participaram 8 profissionais no 1º Experimento e 17 profissionais no 2º Experimento.

A execução do experimento tem como objetivo caracterizar as etapas que o pesquisador irá seguir para realizar o experimento. As etapas caracterizadas para a realização destes experimentos são:

- 1: Reunir a equipe dos profissionais de TI (Sujeitos) na Empresa.
- 2: Solicitar que cada profissional preencha o formulário de Caracterização, contendo Nome, Formação, Profissão e tempo de experiência.
- 3: Solicitar que cada profissional acesse o site para criação de histórias em quadrinhos <http://stripgenerator.com> e crie uma conta, caso não tenha.
- 4: Apresentar para os profissionais o site para desenvolvimento de Histórias em quadrinhos (<http://stripgenerator.com>).
- 5: Solicitar que cada profissional desenvolva, no site indicado no passo 3, uma história em quadrinhos, dentro de seu ambiente de trabalho, com o objetivo de mapear um processo de negócio, destacando os requisitos no decorrer da história.

6: Solicitar que o profissional salve essa história em quadrinhos e envie o link da história para o email do responsável pelo experimento.

7: Cada HQ será anexada, pelo responsável do experimento, a um questionário com 4 questões, que deve ser criado utilizando o Google Docs. Um modelo do questionário está disponível no endereço <http://goo.gl/forms/jNUaXjnm9P>. A Figura 1 e a Figura 2 apresenta exemplos de duas histórias em quadrinhos desenvolvidas e o quadro 1 apresenta as questões.

8: Disponibilizar para cada profissional todos os links de Google Docs, cada um com a imagem da História em Quadrinhos e as 4 questões.

9: Solicitar que cada profissional acesse todos os links e responda todos os questionários, exceto sobre a história que ele próprio elaborou. Todos responderão o questionário sobre as histórias que os colegas fizeram.



Figura 1 – Exemplo de uma HQ desenvolvida no experimento.



Figura 2 - Exemplo de uma HQ desenvolvida no experimento.

Q1	A identificação do processo foi uma tarefa simples?
Q2	Você teve facilidade para identificar os atores?
Q3	Você teve facilidade para identificar os objetos?
Q4	Você identificou a parte da HQ que pode ser transferida em software?

Quadro 1- Legenda das Questões

É importante salientar que o número de questionários a serem analisados é 328. No 1º Experimento temos 8 profissionais, cada profissional respondeu 7 questionários referentes as HQs desenvolvidas pelos colegas, totalizando uma amostra de 56 questionários. Para o 2º Experimento temos 17 profissionais, cada profissional respondeu 16 questionários referentes as HQs desenvolvidas pelos colegas, totalizando uma amostra de 272 questionários.

IV. RESULTADOS OBTIDOS COM A EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

Após a execução do plano experimental, os autores colecionaram 328 questionários, que foram tabulados em duas planilhas para que seus resultados pudessem ser analisados. A primeira planilha caracteriza as respostas de todos os questionários por histórias. A segunda planilha, caracteriza a obtenção da média das respostas de cada uma das questões em todas as histórias.

De posse das planilhas, os autores elaboraram 4 gráficos. As planilhas e os gráficos podem ser obtidos por meio do link <https://goo.gl/5oFsPc>.

É importante destacar que as opções de respostas para as questões que compõem o questionário (vide Quadro 1) são caracterizadas por meio da escala Likert [18] (1 – Discordo Totalmente, 2 – Discordo, 3 – Não Concordo nem discordo, 4 – Concordo e 5 – Concordo Plenamente).

A. Resultados obtidos com o primeiro experimento

Ao analisar o Gráfico 1 é possível perceber que as legendas HQ1 até HQ8, do eixo X, representam as Histórias em Quadrinhos elaboradas pelos profissionais no experimento. As legendas Q1, Q2, Q3 e Q4 representam as questões apresentadas no Quadro 1, formuladas para cada história. No eixo Y do Gráfico 1, a escala de 0 a 5, representam as opções de respostas baseadas na escala Likert.

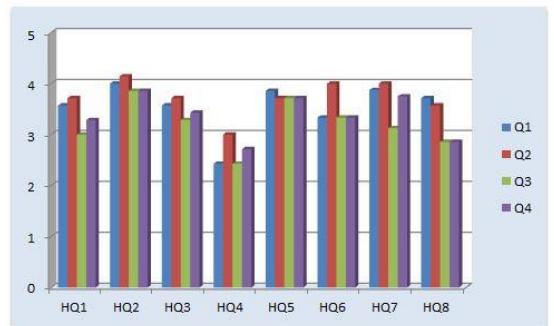


Gráfico 1 - Média de Respostas dos 56 questionários

Analisando o Gráfico 1, pode-se perceber que a **questão 2 - facilidade de identificar os atores**, foi bem avaliada em todas as histórias, já a **questão 3 - facilidade de identificar os objetos**, foi destacada em todas as histórias como a questão de maior dificuldade encontrada.

Por meio do Gráfico 2 é possível observar que, agrupando todas as Histórias em Quadrinhos, conclui-se que, na questão 1 (Q1), 75% concordam que a identificação do processo foi uma tarefa simples, 13% não concordam e nem discordam e 12% discordam. Na questão 2 (Q2), 88% concordam que tiveram facilidade para identificar os atores e 12% não concordam e nem discordam. Na questão 3 (Q3), 25% concordam que tiveram facilidade para identificar os objetos, 63% não concordam e nem discordam e 12% discordam. Na questão 4 (Q4), 38% concordam que identificaram a parte da História em Quadrinhos que pode ser transferida para um software e 62% não concordam e nem discordam.

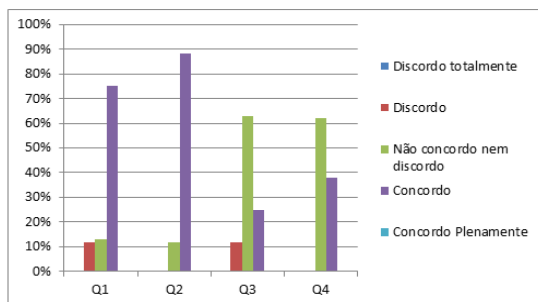


Gráfico 2 - Representação em porcentagem dos 56 questionários.

B. Resultados obtidos com o segundo experimento

Ao analisar o Gráfico 3, as legendas HQ1 até HQ17, do eixo X, representam as Histórias em Quadrinhos elaboradas pelos profissionais no experimento. A legenda Q1, Q2, Q3 e Q4 representam as questões apresentadas no Quadro 1, formuladas para cada história. No eixo Y, do Gráfico 3, a escala de 0 a 5 representam as opções de respostas baseadas na escala Likert.

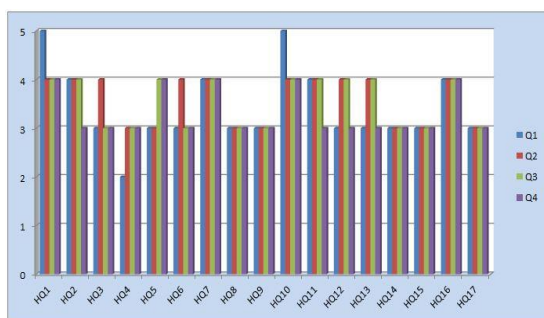


Gráfico 3 - Média de Respostas dos 272 questionários

Ao analisar o Gráfico 3, pode-se perceber que todas as histórias em quadrinhos foram bem avaliadas, com exceção da

questão 1 da HQ4, sobre a identificação do processo ter sido uma tarefa simples.

Por fim, o gráfico 4 mostra a média de respostas de cada uma das questões em todas as histórias.

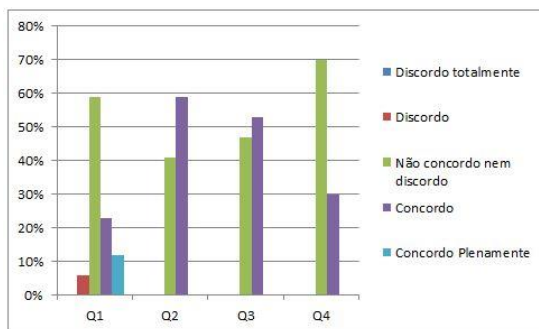


Gráfico 4 - Representação em porcentagem dos 272 questionários

Analisando o Gráfico 4, ao agrupar todas as histórias em quadrinhos, é possível constatar que, na questão 1 (Q1), 12% concordam plenamente que a identificação do processo foi uma tarefa simples e 23% também concordam, totalizando assim 35% que concordam, 59% não concordam e nem discordam e apenas 6% discordam. Na questão 2 (Q2), 59% concordam que tiveram facilidade para identificar os atores e 41% não concordam e nem discordam. Na questão 3 (Q3), 53% concordam que tiveram facilidade para identificar os objetos e 47% não concordam e nem discordam. Na questão 4 (Q4), 30% concordam que identificaram a parte da História em Quadrinhos que pode ser transferida para um software e 70% não concordam e nem discordam.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A atividade de especificação de requisitos é um fator crítico de sucesso para o desenvolvimento de um projeto de software. Vários projetos naufragam quando não possuem uma especificação clara, concisa e consistente.

Dentro deste contexto este trabalho apresentou a utilização das histórias em quadrinhos para o processo de especificação de requisitos de software.

Para verificar a viabilidade desta técnica, os autores realizaram dois experimentos controlados com o objetivo de verificar se os profissionais conseguem especificar requisitos de software utilizando HQs, e se os mesmos conseguem analisar as HQs feitas pelos colegas e identificar os atores, objetos, processos e os requisitos do software.

Os experimentos apresentaram os resultados descritos na seção IV. Ao analisar os resultados dos dois experimentos mostrados nos Gráficos 2 e 4 e de acordo com a tabela de questões (Quadro 1), é possível concluir em ambos os experimentos que:

1. A identificação do processo foi uma tarefa simples;
2. Os profissionais tiveram facilidade em identificar os atores, isso se deve ao fato que as histórias em quadrinhos

facilitam esta identificação, através da utilização dos personagens.

Com relação à questão 3 (Q3 do Quadro 1), no segundo experimento ela foi melhor avaliada do que no primeiro experimento, talvez porque alguns profissionais do primeiro experimento não se atentaram em deixar claro nas histórias em quadrinhos quais seriam os objetos.

Na questão 4 (Q4 do Quadro 1) não houve discordância, ou seja, nenhum profissional respondeu que discorda totalmente (opção 1 de resposta) ou discorda (opção 2 de resposta) quanto a identificar a parte da história em quadrinhos que pode ser transferida para software. Os resultados obtidos na questão 4 mostraram que é possível analisar uma história em quadrinhos e verificar o que deve ser transferido para linguagem de programação.

Verificou-se também que os profissionais do primeiro experimento tiveram dificuldades em responder a questão 3 (Q3). Dos respondentes, 63% não concordaram e nem discordaram que tiveram facilidade em identificar os objetos.

Pode se concluir que algumas dificuldades deve-se ao fato de que, como esses foram os primeiros experimentos, eles foram executados sem estabelecer um método formal para criação das histórias em quadrinhos.

Como trabalhos futuros os autores pretendem criar um método para desenvolver as Histórias em Quadrinhos de forma que os objetos sejam identificados com mais facilidade. Também, desenvolver novos experimentos utilizando o método faz parte do plano de trabalho dos autores.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio, delineado para apresentação deste trabalho, da Fundação Araucária, da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI) e da Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] L. Medeiros, A. S. Gomes, C. Alves, F. Caparica, R. Nibon, and A. Vasconcelos, "Uso de StoryBoards para a Documentação dos Requisitos no Desenvolvimento Distribuído de Software," *I Work. Desenvolv. Distrib. Softw.*, pp. 5–12, 2007.
- [2] R. Motta and W. Correia, "Design de histórias em quadrinhos digitais," *Sbgames.Org*, pp. 142–151, 2013.
- [3] I. Sommerville, *Engenharia de Software*, 9ª ed. São Paulo: Pearson

Prentice Hall, 2011.

- [4] R. S. Pressman, *Engenharia de Software - Uma Abordagem Profissional*, 7ª ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.
- [5] D. Moody, "The physics of notations: Toward a scientific basis for constructing visual notations in software engineering," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 35, no. 6, pp. 756–779, 2009.
- [6] A. Zeaaroui, Z. Bougroun, M. G. Belkasmí, and T. Bouchentouf, "User Stories Template for Object-Oriented Applications," Laboratory of Applied Mathematics, Mohamed First University. Morocco, pp. 407–410, 2013.
- [7] D. Duarte, C. Farinha, M. Mira, and A. Rodrigues, "Collaborative Requirements Elicitation with Visualization Techniques," IEEE 21st International WETICE, 2012.
- [8] M. Morales-Trujillo, H. Oktaba, and J. González, "Improving Software Projects Inception Phase Using Games ActiveAction Workshop," In Proceedings of the 9th International Conference on Evaluation of Novel Approaches to Software Engineering, pp. 180-187. DOI: 10.5220/00048918018000187, Lisbon, Portugal, 2014.
- [9] N. Boulila, A. Hoffmann, and A. Herrmann, "Using Storytelling to Record Requirements: Elements for an Effective Requirements Elicitation Approach," Proceedings of the 2011 Fourth International Workshop on Multimedia and Enjoyable Requirements Engineering (MERE'11) IEEE, pp. 9–16, 2011.
- [10] A. Menten, S. Scheibmayr, and L. Klimpke, "Using audio and collaboration technologies for distributed requirements elicitation and documentation," in *2010 Third International Workshop on Managing Requirements Knowledge*, pp. 51–59, 2010.
- [11] A. da S. Lima, *UML 2.3: do requisito à solução*, 1st ed. São Paulo: Érica, 2011.
- [12] F. Paetsch, A. Eberlein, and F. Maurer, "Requirements engineering and agile software development," *WET ICE 2003. Proceedings. Twelfth IEEE Int. Work. Enabling Technol. Infrastruct. Collab. Enterp. 2003.*, pp. 308–313, 2003.
- [13] D. Leffingwell and D. Widrig, *Managing Software Requirements: A Use case approach*, 2nd ed. Boston: Addison-Wesley, 2003.
- [14] S. Zapata, C. A. Collazos, F. D. Giraldo, and G. Sevilla, "Distributed Elicitation of Software Requirements: an experimental case from Argentina and Colombia," *Computing Colombian Conference (8CCC) IEEE*, pp. 1-7, Aug 2013, Armenia, 2013.
- [15] J. Meskens, "Draw Me a Storyboard: Incorporating Principles & Techniques of Comics ...," In Proceedings of the 24th BCS Interaction Specialist Group Conference. British Computer Society. pp. 133–142, 2010.
- [16] A. C. Gil, *Como Elaborar projetos de pesquisa*, 4th ed. São Paulo: Atlas SA, 2002.
- [17] R. S. Wazlawick, *Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação*, 2nd ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- [18] R. Likert, "A technique for the measurement of attitudes," *Arch. Psychol.*, vol. 22 140, p. 55, 1932.

The impact of human-centric design on the adoption of information systems: A case study of the spreadsheet

Christopher Scaffidi

Center for Applied Systems and Software
School of Electrical Engineering and Computer Science
Oregon State University
Corvallis, OR, United States

Abstract — The spreadsheet is one of the most popular information systems ever: It is exceedingly widely adopted, it has attracted significant amounts of investment and innovation by companies, and it has become a platform for new research. To uncover reasons for the spreadsheet's success, this paper applies a research method, the case study, to analyze the historical development and adoption of this important information system. The study revealed insights for the design and commercialization of future systems. These include the need for specific collaborative relationships, the multiple forms of evidence and validation required, and the role of usability as a dominant quality attribute driving adoption.

Keywords - Human Centered Computing; Human-Computer Interaction; Human Systems Design; Usability; Spreadsheets.

I. INTRODUCTION

The value of an information system is not in the system, but in the use of that system, and hence the adoption of an innovative new system is as essential to the system's impact as is the very system itself. Yet people sometimes choose to use existing systems (or manual methods) instead of adopting a new system, however innovative. Such is the case, for example, with computer-assisted audit tools and techniques, which auditors tend not to use, preferring rather to keep using spreadsheets [1]. The spreadsheet¹ is also a valued tool for publishing and sharing information within educational institutions [2], the dominant tool used in the financial industries [3], a useful tool for dynamically interacting with business intelligence systems [4], an important tool for integrating data between systems [5], and a beneficial tool for analyzing data (e.g., as in [6]).

The spreadsheet may, in fact, be the most widely used information system ever, preferred by many over other systems that researchers and companies alike have offered. Why? What lessons does the adoption of spreadsheets have to offer for the design and commercialization of other information systems?

This paper addresses these questions by applying a research method, the case study, to analyze the historical development and adoption of the spreadsheet. This includes a consideration of the spreadsheet's adoption after its first commercial release in 1979 as an accounting tool. It also reviews relevant literature prior to 1979 that framed the problem of how to model aspects

¹ Typically, "spreadsheet" may refer to an information system, such as Excel, or to files produced using that system. To avoid ambiguity, this paper will use "spreadsheet" to refer to the system (reserving "worksheets" for the files).

of companies, in order to establish a context for why the spreadsheet proved so successful in subsequent decades. The analysis, in turn, yields multiple insights regarding the design and commercialization of future information systems.

II. RESEARCH METHODOLOGY

The current paper follows the widely practiced case study method [7], which is an effective approach for investigating how a technology interacts or integrates with the complexities of real world problems. It is also useful in situations where the primary data are qualitative, as is the case with most historical data concerning the design and adoption of spreadsheets. This contrasts with controlled experiments, such as laboratory studies, which can make fine measurements but which necessarily must be simplified versions of real world complexity.

There are two other common methods besides the case study for investigating technology adoption [8]. One is to interview or survey adopters, which would be unreliable for studying the rise of the spreadsheet because the long timeframe (extending over 40 years) would call the validity of memories into question. The other method is a quantitative analysis, usually a regression or factor analysis, to investigate statistical relationships between an innovation's attributes and its adoption; this would be impractical due to the paucity of quantitative data (particularly for early and non-dominant spreadsheet tools). These constraints make the case study a reasonable method for understanding spreadsheet adoption.

A case study, much like a legal proceeding, *weighs the evidence* in order to *establish the extent* to which that evidence supports or refutes claims or propositions [9]. The current case study tested two propositions:

Proposition #1: the development and adoption of the spreadsheet largely followed the Redwine-Riddle maturation model [10]. A case study requires a logic model with specific criteria; the Redwine-Riddle model posits five specific stages of technology maturation, each of which presents specific qualitative criteria (Table 1). The Redwine-Riddle model is an appropriate choice for organizing and interpreting the available data because it has already proven useful for other case studies, including those of software architecture [11], industrial automation [12], and technology transfer [13][14].

Proposition #2: no more than a few quality attributes account for the success of spreadsheets. Information systems,

as with all software, may possess different quality attributes [15]. These include scalability, flexibility, maintainability, usability, reusability, reliability, etc. This proposition thus claims that the success of the spreadsheet depended primarily on a small subset of these quality attributes.

Table 1. Stages of the Redwine-Riddle maturation model, with the criteria specifying when a technology has met each stage (summarized from [10])

<p>Stage 1, Concept formulation: <i>Appearance of key technology idea addressing articulated problem</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Informal circulation of ideas • Convergence on a compatible set of ideas • General publication of solutions to parts of the problem
<p>Stage 2, Development and extension: <i>Definition via seminal papers and/or demonstration systems</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Trial, preliminary use of the technology • Clarification of the underlying ideas • Extension of the general approach to a broader solution
<p>Stage 3, Enhancement and exploration: <i>Usable capabilities exist; usage shifts outside development group</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Major extension of general approach to other domains • Development of training materials • Stabilization and porting of the technology • Use of the technology to solve real problems • Derivations of results indicating value
<p>Stage 4, Popularization: <i>Substantial evidence of value and applicability</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Appearance of production-quality, supported versions • Commercialization and marketing of the technology • Propagation of the technology through community of users

III. CASE STUDY

This section analyzes the history of spreadsheets as well as one problem they help solve: the optimal allocation of resources. Well after the initial formal framing of this problem in the 1960's, the first commercial spreadsheet encountered significant success upon its appearance in 1979. Later refinements throughout the subsequent decades yielded the features common today, as well as a platform for research on human-computer interaction and software engineering.

A. Basic research and concept formulation: Appearance of key idea, and articulation of the problem

The business economist and researcher Richard Mattessich has claimed [16], and is credited with [17], inventing the spreadsheet as a tool for formalizing the problem of how to optimally allocate budgetary resources. Beginning in 1961, he worked toward turning budgeting into a tool that managers could use to achieve better returns on resource allocations [18][19]. Three aspects of this problem received attention.

The need for periodic operating budgets: First, although traces of bookkeeping and accounting date back to the 1400's, formalized attempts at periodic budgeting of corporate operations did not mature until the mid 1900's [19] (pp. 121-123). Mattessich noted that the first book about systematic budgeting did not appear until the 1900's, and it remained

common in the 1960's for at least some companies to operate without a spending plan.

The need for formalization of budgetary accounting: Second, there did not yet exist a broad and robust formalization of budgetary accounting. Mattessich wrote, "maximization of profit (or of a similar concept) is an un-realistic goal that cannot even be clearly defined," in part because of imprecise specification of how to account periods and costs [19] (p. 186 ff.). In the 1960's and early 1970's, Mattessich would make it his goal to standardize and sharpen accounting methods and concepts [16].

The potential benefits of computational modelling: Third, the 1950's saw the rise of models representing components of companies, including inputs, outputs, and functions. Mattessich sought to integrate these models with his formalization of accounting, thereby producing a framework supporting better allocation of budgetary resources. Interestingly, he argued for "satisficing" (obtaining a value that was good enough for use) rather than "optimizing" [18][19]. He argued that even with models for a company as a whole, it would still remain infeasible to achieve perfect allocation of resources. The reason, he explained, is that due to the "complexities of business life," budgets could not perfectly predict the future anyway: budgets and projections only represent one view of the future [19] (p. 188 and 346). Mattessich and colleagues implemented a budget simulator in FORTRAN using a simple generic corporate model. They did not claim their result constituted an optimal solution but rather "a less ambitious approach which however has the advantage of applying to the whole enterprise" [18].

Relationship to the Redwine-Riddle maturation model: Mattessich brought the problem of optimally allocating budget resources to the "Concept Formulation" stage, for which the Redwine-Riddle's technology maturation model identifies three criteria (Table 1). The case study research method calls for identifying the qualitative evidence about whether the subject of interest (spreadsheets) meets these qualitative criteria (underlined in the following). First, Mattessich at the very least provoked informal discussion, as evidenced by the fact his seminal peer-reviewed paper [18] was cited several times by 1970. Second, his work clarified the key concept, computational modelling of a company's operations, framed with specific compatible ideas (periodic operating budgets, formalization of accounting, and satisficing). Third, his publications clarified the problem that he aimed to solve and discussed partial solutions.

B. Development and extension: Definition via seminal papers and/or demonstration systems

Mattessich's work drew significant interest to the computational modelling of periodic budgets and of corporate operations in general. In contrast to Mattessich, many researchers of the 1970's pursued *optimization* of the company. Their proposals ranged from linear programming [20] to dynamic programming [21] and included a number of statistical techniques, such as distribution sampling [22], to help increase the accuracy of models and the optimality of resulting budgets. These techniques tended to be cumbersome, requiring mathematical machinery unfamiliar to accountants of

the time.

Moreover, in addition to the conceptual challenges of adopting these techniques, implementing a company-level model required large investments of time and effort, given the current technology. Each model was a large piece of custom software written by programmers on mainframes. For example, a 1976 survey reported FORTRAN was used for 50% of models and COBOL for another 8% [23]. IBM mainframes were the most common hardware and used for 43% of models.

For these reasons, surveys showed low adoption of these techniques. By 1969, only 20% of organizations surveyed possessed a computational model [24]. While this rose to 73% in 1976, only 39% claimed to have attempted to model the “total company,” and concerning even this low number, researchers wrote, “We suspect that this figure overstates the case.... In actual practice, relatively few firms have managed to integrate the financial, marketing, and production activities of the firm into a truly integrated corporate simulation model” [23]. Thus, although many companies modeled certain departments, few modeled the entire firm as a whole. Since implementing the company-level model is merely a precondition to optimal allocation of budget resources, it is highly unlikely that many had gone on to master linear programming or other advanced techniques to make use of the model for optimization.

Relationship to the Redwine-Riddle maturation model: During the 1970’s, the problem entered the “Development and Extension” stage, based on the criteria of the Redwine-Riddle maturation model. First, other researchers had begun preliminary trials of the approach, as evidenced by their publications. Second, the fact that they offered extensions to Mattessich’s work indicates that they had at least clarified his initial idea in their own minds to the point that they could apply it. Third, these extensions directly meet the third criterion of the model (extension of the approach to broader solutions).

C. Enhancement and exploration: Usable capabilities become available, and shift to usage outside of development group

The first consumer-oriented spreadsheet was created by Software Arts in 1979, a small company led by Dan Bricklin, who at the time was an MBA student at Harvard [25]. He did not set out to change the world. In fact, he was unaware of the foregoing research and development on budget optimization among academics. Instead, he became frustrated with calculating (and re-calculating) columns of numbers. Realizing the inefficiency of this process, and being familiar with the microcomputer and the BASIC programming language, he decided to implement a tool called VisiCalc to automate calculations. In a 1989 interview, he and cofounder Frankston reported that they conceived of VisiCalc as an “electronic ledger, electronic blackboard, [and] visible calculator” [25].

Bricklin’s focus differed from that of Mattessich. Ledgers serve as repositories of information, typically in order to support *backward-looking* analyses. They do not generally embody an “entire organization” model in the sense referred to by Mattessich, nor do they produce predictions of return on budget allocation. In other words, ledgers do not optimally solve the problem of allocating budgetary resources.

However, because of Bricklin’s desire to support several types of ledgers, VisiCalc embodied substantial flexibility in that worksheet cells could contain references to other cells through formulas. So users could use it for not only ledgers, but also for simple modeling and budget analysis.

The resulting system met with significant commercial success. One retrospective stated, “Bricklin awakened a latent need in business... The VisiCalc spreadsheet enabled [managers] to define their ‘model’ and do all their calculations on an Apple II in their own offices” [26]. This quote dovetails with the observation by Redwine and Riddle that latent demand facilitates adoption [10]. Thus, VisiCalc covered a latent demand *in addition* to the technical need for which it was originally intended. Although they largely marketed the application as a ledger (and even packaged the software installation discs in a ledger-looking brown book), Software Arts soon recognized the more general power of VisiCalc and began using it internally for projecting company costs, revenues, and profits, while also adjusting their advertising to target as broad a market as possible [27].

Another important key to VisiCalc’s success was its highly usable interface. Two key aspects of its usability were its apparent simplicity and the immediate responsiveness of worksheets to user inputs. Kay wrote in a later retrospective, “Every time a value is changed anywhere in the spreadsheet, all values dependent on it are recomputed instantly and the new values are displayed... Here the user illusion is simple, direct and powerful. There are few mystifying surprises because the only way a cell can get a value is by the cell’s own value rule [formula] to put it there” [28].

Relationship to the Redwine-Riddle maturation model: The model specifies five criteria for entering the “Enhancement and Exploration” stage, all of which were met to varying degrees through the commercial success of VisiCalc. First, VisiCalc represented a major extension of computational analysis of firms to another problem domain, that of the ledger. Second, Software Arts provided a “demo script” serving as advertising [25] as well as a training manual [27]. Third, its implementation in BASIC on microcomputers showed that the concept could be ported to another platform (from the COBOL and FORTRAN languages and mainframes used by academic researchers). Moreover, Software Arts ported VisiCalc from the Apple II to hardware by “Radio Shack, the Atari, the Commodore, and, later, Sony and IBM” [25]. Fourth, and perhaps most significantly, VisiCalc made the approach applicable to a variety of real problems. These included tracking household expenses as well as modeling returns on a Pepsi marketing campaign (a class project by Bricklin [27]). All of these developments, together, showed that many people outside of academia had obtained value from the technology and the underlying concepts. As more customers became interested in VisiCalc, and as competitors emerged, the spreadsheet moved into the “Popularization” stage.

At this point, the spreadsheet also had already begun to meet two criteria of the “Popularization” stage: availability of production-quality systems and commercialization. However, it did not yet meet the third criterion of adoption by a large proportion of the total target market, as VisiCalc was in use by

fewer than 1 million customers [25].

D. Popularization: Substantial evidence of value/applicability

The earliest competitor to VisiCalc was SuperCalc, released in 1980. Lotus 1-2-3 soon followed in 1983 after a development effort led by a former programmer of the VisiCalc family of products. Patent law at the time apparently discouraged patenting of software products, and Software Arts had not attempted to construct legal protections around the innovations within VisiCalc [27]; consequently, Lotus directly imitated and extended most features of VisiCalc. The macros and improved user interface in 1-2-3, in turn, were soon imitated and extended by Microsoft, which released MultiPlan in 1982 and Excel in 1985 [26].

In addition to competitors, complements soon appeared. One of the earliest popular add-ons was Lotus HAL, a memory-resident program that converted typed natural language into Lotus 1-2-3 operations through macros pre-defined by the user, and it added an “undo” feature [29]. Later, PUP 1.0 appeared for Excel, adding additional utilities ranging from new text and date formulas to usability improvements such as the ability to print batches of spreadsheets and save with backups [30].

By 1989, according to the United States Current Population Survey (CPS), 10% of Americans who used computer users at work also used spreadsheets or databases, which rose to 30% in 1997 (and to over 60% by 2001) [31]. Academic researchers noted the growing popularity of the spreadsheet and began to offer complementary features and extensions, as well. In 1990, Wilde and Lewis built NoPumpG [32], which went beyond the grid layout by enabling users to blend graphics primitives with formula-driven cells. Action Graphics extended these innovations in one direction to include animation [33], while Penguins extended in other direction to support arbitrary objects with formula-driven attributes in 1994 [34]. Forms/3 let the user define graphical, procedural and data abstractions without stepping outside the spreadsheet’s first-order functional programming paradigm [35].

Researchers did not restrict themselves only to tool enhancements but also gained new fundamental insights into human-computer interaction through the study of spreadsheet users. In 1983, Schneiderman coined the term “direct manipulation” to describe the high usability of software systems that are so transparent the end users feel they can operate directly on the data [36]. He argued that because spreadsheets displayed the effects of formula edits immediately (unlike Fortran and other languages that require a process of edit-compile-run), the user felt as if the outputs “directly” responded to the formulas typed [36]. (Today, however, some distinguish between programming and direct manipulation using other criteria [37].) From the example of the spreadsheet, Schneiderman generalized to explain how direct manipulation contributed to the usability of WYSIWYG document editors, and video games [36]. Later researchers also drew on observations of spreadsheet use to apply and extend Green’s cognitive dimensions (originally designed for evaluating usability of programming languages [38]) to discuss usability issues in the design of programming systems, including the spreadsheet, for both novices and end-user programmers [39]. In short, the spreadsheet became an important focus of

innovation in industry as well as academia, aiding a deeper understanding of how to facilitate human-computer interaction.

Relationship to the Redwine-Riddle maturation model: The model specifies three criteria for popularization. First, it requires the appearance of production-quality, supported systems, evidenced in this case not only by VisiCalc but also multiple competitors. The second criterion, commercialization and marketing, was also met by these companies. The third requirement is propagation of the technology throughout a community of use, evidenced by the CPS data above.

It is important to note that adoption by 10% of the US population in the late 1980’s may seem low, particularly in light of the fact that the Redwine and Riddle observe that an adoption rate of 40-70% is more typical [10]. However, this higher rate is expressed as a proportion of the total *target* market, and even today it is not clear that every person would be considered to occupy the target market for spreadsheets. For example, there may be little reason for a factory line worker or grocery checkout clerk to create spreadsheets. It remains an interesting research question whether spreadsheets, even today, have fully saturated the full potential market—or if, instead, openings remain for additional innovations that would further expand the user base.

IV. DISCUSSION: LESSONS AND IMPLICATIONS

This analysis of the spreadsheet’s history illustrates several lessons about the development and adoption of information systems. Innovators working in both academia and industry may take several implications relevant to their own efforts at researching, designing and commercializing similar systems. Such systems could include business intelligence tools that integrate with spreadsheets (e.g., [4]), consumer-oriented database systems (e.g., successors to Microsoft Access), scripting tools aimed at helping users to operate on data sources (e.g., via Web 2.0 tools that are still growing in adoption [40]), tools aimed at facilitating collaboration (e.g., in a virtual learning environment [41]), and specialized systems targeting particular occupational groups (e.g., auditors [1] or medical data analysis personnel [42]).

A. The lengthy, collaborative timeline of innovation

Over 20 years passed before the computational modelling of the companies moved through all five stages. This is consistent with other products analyzed by Redwine and Riddle, which averaged 17 years from initial formulation to popularization [10].

The history of the spreadsheet illustrates the key importance of collaboration in this long process. Dozens of researchers and companies, comprising hundreds or thousands of employees, had a hand in bringing the spreadsheet to its current status. As researchers and innovators, a key implication is that a valuable contribution might not be to take an idea all the way from basic research to commercialization, but rather to find effective ways of handing off the work to others. Conversely, a key contribution can be taking somebody else’s idea and improving upon it, bringing it closer to popularization. A corollary implication is that there is a need for work—along with commensurate levels of funding—aimed not at generating new ideas but rather at improving ideas.

B. The multiple forms of evidence that are important

Another lesson comes from the *diversity* of different groups involved in the research and development of the spreadsheet. Each of these, whether from academia or industry, made contributions to the concept or the technology. As with all research and development, a focus on evidence supports the value of these contributions. But *not all forms of evidence* proved equally important for validating all contributions.

Validation of some contributions generally was sales-minded. In particular, validation of industrial contributions to the spreadsheet typically came in the form of use on real problems by real customers, and these experiences in turn drove adoption by others. These observations are consistent with findings from other research, which has long indicated that late adopters place a heavy weight on the experiences of others when evaluating an innovation [8][13][14]. Empirical data show that this is particularly the case in industrial situations (compared to academic contexts) [13][14].

In contrast, academic validation focused on examples and experiments. For example, researchers first validated Forms/3 [35] and Penguins [34] by testing them on examples. They followed these tests with experiments showing, for example, that Forms/3 helped users produce more reliable programs than with competing tools [35].

An implication is that moving through the phases of the Redwine-Riddle maturation model may call for establishing *varied forms of evidence* supporting different contributions. When a collaborative team, such as one comprised of academics and corporations, works toward the development of a technology, they may need mutual support for achieving the forms of validation that are of most importance in their respective contexts. Academics may need industrial assistance with performing controlled studies to produce the publications that academic communities value. Companies, on the other hand, may call upon academics to generate ideas for improving the usability and flexibility of technologies. Significant differences exist between America and Europe in terms of how academics and companies collaborate, and it remains to be seen which forms and methods of collaboration are most effective at fostering adoption of information systems.

C. The importance of usability over optimality

Perhaps the most thought-provoking aspect of the spreadsheet's adoption is its emphasis on usability rather than perfect optimization. Spreadsheets enable users to enter data, to make forecasts, and even to perform certain calculations aimed at optimization; yet the analysis of the history above has uncovered no indication that at any point were commercial spreadsheets marketed as a means of perfectly optimizing a firm. Such claims would have been unwarranted and out of touch with the demands of target customers, in any case: as Mattessich had indicated at the outset, "accountants have always refused to incorporate the idea of over-all profit maximization into their systems" [19] (p. 186). Yet despite the inability of spreadsheets to achieve optimal decision-making, they remain one of the most widely-adopted information systems.

This lesson of the spreadsheet—usability over optimality—

suggests a note of caution for those who today would introduce more powerful information systems at the *expense* of usability. Numerous competitors did successfully introduce more powerful spreadsheets after VisiCalc, but along the way they *simultaneously* made the spreadsheet more usable (e.g., as noted earlier, through natural language support, undo, and more convenient printing). This contrasts to spreadsheet innovations offered by academic researchers in the 1990's, which offered power but little additional usability. None of these features (e.g., in NoPumpG, Action Graphics, Penguins, or Forms/3) obtained comparable commercial successes in the 15-20 years since their introduction. As mentioned earlier, this is a plausible amount of time for an idea to go from research to popularization. A reasonable conclusion is that an information system offering increased power is much more likely to become popular if it *simultaneously* enhances usability.

D. The risk of success

The history of the spreadsheet also highlights the risk that a highly usable but suboptimal information system might become popular: not all observers consider the popularity of the spreadsheet to be a success story.

For example, *IEEE Software* published a widely-cited editorial in 2004 that deplored end-user programming. It mentioned, for instance, that "writers of spreadsheet macros... were notorious for making mistakes, such as the Florida contractor who used the Lotus 1-2-3 spreadsheet program to prepare a bid in the 1980s. Mistakes in the macro resulted in a bid that was too low to recover costs. After winning the contract, the contractor tried to sue Lotus" [43]. The editorial continued, "Can it be true that software manipulating my credit history could have been written by an accountant with no concept of software testing or development processes?"

Likewise, in 2013, Forbes issued an editorial entitled, "Microsoft's Excel Might Be the Most Dangerous Software on the Planet" [3]. Their evidence for this claim is that task forces and auditors have identified important but unaddressed risks related to the worksheets upon which the world's financial system depends. These include risks of copy-paste errors and the potential for intentionally fraudulent data or formulas. The article concludes that without the existence of Excel, "there would be no collateralised debt obligations (CDOs), no credit default swaps... For if you cannot model these things (however badly they are modelling them) then you simply could not be trading them."

These are sobering words and point toward another implication for researchers of information systems. Simply providing users with a powerful tool—however usable—may achieve widespread adoption yet lead to significant risks without some form of *verifiability* that the system is being used correctly. Aside from research on helping users test spreadsheets and other spreadsheet-focused work, there is relatively little research on ensuring people use information systems correctly. An example, for instance, would be some method or technology to ensure people not issuing semantically erroneous queries to business intelligence systems, and/or manipulating resultant reports for fraudulent purposes.

V. CONCLUSIONS

This paper has presented a case study in the history of spreadsheets, with a focus on two specific propositions.

The evidence largely supports the first proposition that the Redwine-Riddle maturation model applies to the adoption of this information system. Two small caveats appeared. First, the “Enhancement and exploration” stage bled into the “Popularization” stage in the sense that commercialization of a production-quality system already existed in this earlier stage. Second, the available adoption statistics supporting claims of “Popularization” only exist as a proportion of total populations, rather than as a proportion of target market, making it difficult to assess at exactly what point the technology met the Redwine-Riddle criterion. Other than these two caveats, the model fit the history extremely well.

The evidence strongly supports the second proposition that not all quality attributes played an equal role in driving adoption of this information system. In particular, usability played a paramount role and indeed enabled the transition from academia to commercial success. Flexibility was another key quality attribute, particularly beginning with the “Enhancement and exploration stage.” Along the way, however, computational modelling of the company lost its focus on optimality. To a certain extent, modern business intelligence systems aim to support more nearly optimal decision-making, yet even they often delegate some control to spreadsheet users (e.g., as in [4]), which could lead to suboptimal uses.

These results open up opportunities for future research, some of which could address limitations of the current work. This study only used one logic model, and other models could offer other insights. As already noted in the Introduction, the Redwine-Riddle model has a distinguished history of use in case studies of innovation adoption (e.g., [11][12][13][14]). Nonetheless, replicating this study with other theories (e.g., [8]) could reveal implications complementary to those presented here. In order to address the lack of quantitative support for the propositions explored in this paper, data collection tools such as questionnaires, interviews and similar methods could help to confirm and refine these results.

REFERENCES

- [1] Pedrosa, I., Costa, C., and Laureano, R. (2015) Use of information technology on statutory auditors' work: New profiles beyond spreadsheets' users. *Iberian Conf. Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [2] Alves, P., Miranda, L., and Morais, C. (2015) Publishing and accessing contents on a virtual learning environment of a higher education institution. *Iberian Conf. Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [3] Worstall, T. (2013) Microsoft's Excel might be the most dangerous software on the planet. *Forbes*, February 13, www.forbes.com/sites/timworstall/2013/02/13/microsofts-excel-might-be-the-most-dangerous-software-on-the-planet
- [4] Nobre, T., et al. (2014) SBIAES—Business intelligence system for analysis of access to higher education: The case of the Polytechnic Institute of Coimbra. *Iberian Conf. Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [5] Schroer, P. (2014) How many spreadsheets does it take to run a Fortune 500 company? *Wired*, March issue, www.wired.com/insights/2014/03/many-spreadsheets-take-run-fortune-500-company/
- [6] Martiniano, A., Ferreira, R., Sassi, R., and Affonso, C. (2012) Application of a neuro fuzzy network in prediction of absenteeism at work. *Iberian Conf. Information Systems and Technologies (CISTI)*.

- [7] Yin, R. (2013) *Case Study Research: Design and Methods*, Sage Publications.
- [8] Rogers, E. (2010) *Diffusion of Innovations*, Simon and Schuster.
- [9] McKeown, T. (2004) Case studies and the limits of the quantitative worldview. *Rethinking Social Inquiry: Diverse Tools, Shared Standards*, 139-167.
- [10] Redwine, S., and Riddle, W. (1985) Software technology maturation. *ACM International Conf. Software Engineering*, 189-200.
- [11] Shaw, M., and Clements, P. (2006) The golden age of software architecture. *IEEE Software*, 23(2), 31-39.
- [12] Breivold, H., and Sandstrom, K. (2014) Virtualize for test environment in industrial automation. *IEEE Emerging Technology and Factory Automation*, 1-8.
- [13] Pfleeger, S., and Menezes, W. (2000) Marketing technology to software practitioners. *IEEE Software*, 17(1), 27-33.
- [14] Zolkowitz, M. (1996) Software engineering technology infusion within NASA. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 43(3), 250-261.
- [15] Pfleeger, S., and Atlee, J. (2009) *Software Engineering: Theory and Practice*, Prentice Hall.
- [16] Mattessich, R. (2005) A concise history of analytical accounting: Examining the use of mathematical notions in our discipline. *Spanish Journal of Accounting History*, Issue Number 2, 123-153.
- [17] *Computerized Spreadsheets for Use in Business Accounting Developed*, Center for Computing History, www.computinghistory.org.uk/det/6985/
- [18] Mattessich, R. (1961) Budgeting models and system simulation. *The Accounting Review*, 36(3), 384-397.
- [19] Mattessich, R. (Copyright 1964, reprinted 1977) *Accounting and Analytical Methods: Measurement and Projection of Income and Wealth in the Micro-And Macro-Economy*, Richard Irwin Publishers (Scholars Book Co. reprint).
- [20] Demski, J. (1967) An accounting system structured on a linear programming model. *The Accounting Review*, 42(4), 701-712.
- [21] Bailey, A. (1973) A dynamic programming approach to the analysis of different costing methods in accounting for inventories. *The Accounting Review*, 48(3), 560-574.
- [22] Liao, M. (1975) Model sampling: A stochastic cost-volume-profit analysis. *The Accounting Review*, 50(4), 780-790.
- [23] Naylor, T., and Schauland, H. (1976) A survey of users of corporate planning models. *Management Science*, 22(9), 927-937.
- [24] Gershfski, G. (1970) Corporate models: The state of the art. *Management Science*, 16(6), B303-B312.
- [25] Licklider, T., and Reed, D. (1989) Ten years of rows and columns. *Byte Magazine*, Issue 13, 324-331.
- [26] Ichbiah, D., and Knepper, S. (1991) *The Making of Microsoft: How Bill Gates and His Team Created the World's Most Successful Software Company*, Prima Publishers.
- [27] Bricklin, D., Frankston, B., and Fylstra, D. *VisiCalc*, Software Arts. www.bricklin.com/history/intro.htm
- [28] Kay, A. (1984) Computer Software. *Scientific American*, 251(3), 52-59.
- [29] Walkenbach, J. (1988) New spreadsheets: The next generation challenges 1-2-3. *InfoWorld*, February 1 Issue, 37-47.
- [30] *Power Utility Pak*. J-Walk & Associates, Inc., spreadsheetpage.com
- [31] Scaffidi, C., Shaw, M., and Myers, B. (2005) Estimating the numbers of end users and end user programmers. *IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing*, 207-214.
- [32] Wilde, N., and Lewis, C. (1990) Spreadsheet-based interactive graphics: From prototype to tool. *ACM Conf. Human Factors in Computing Systems*, 153-160.
- [33] Hughes, C., and Moshell, J. (1990) Action graphics: A spreadsheet-based language for animated simulation. *Visual Lang. and Applications*, 203-235.
- [34] Hudson, S. (1994) User interface specification using an enhanced spreadsheet model. *ACM Transactions on Graphics*, 13(3), 209-239.
- [35] Burnett, M., et al. (2001) Forms/3: A first-order visual language to explore the boundaries of the spreadsheet paradigm. *Journal of Functional Programming*, 11(2), 155-206.
- [36] Shneiderman, B. (1983) Direct manipulation: A step beyond programming languages. *ACM SIGSOC Bulletin*, August Issue, 57-69.
- [37] Blackwell, A. (2002) First steps in programming: A rationale for attention investment models. *IEEE Symposium on Human Centric Computing Languages and Environments*, 2-10.
- [38] Green, T., and Petre, M. (1996) Usability analysis of visual programming environments: A 'cognitive dimensions' framework. *Journal of Visual Languages & Computing*, 7(2), 131-174.

- [39] Pane, J., and Myers, B. (1996) *Usability Issues in the Design of Novice Programming Systems*. School of Computer Science Technical Report CMU-CS-96-132, Carnegie Mellon University.
- [40] Banda-Sierra, F., and Reinoso, A. (2015) Analysis of the utilization of Web 2.0 resources in secondary education and advanced vocational training. *Iberian Conf. Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [41] Sole-Beteta, X., *et al.* (2014) Sagittarius: A tool to enhance the collaborative work in virtual learning environments. *Iberian Conf. Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [42] Sernadela, P., Pereira, A., and Rossetti, R. (2015) DISim: Ontology-driven simulation of biomedical data integration tasks. *Iberian Conf. Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [43] Harrison, W. (2004) From the editor: The dangers of end-user programming. *IEEE Software*, 21(4), 5-7.

Mining online forums for valuable contributions

Christopher Scaffidi

Center for Applied Systems and Software
School of Electrical Engineering and Computer Science
Oregon State University
Corvallis, OR, United States

Abstract — Web 2.0 resources such as online forum messages are of growing value in supporting education and research, and new information systems are aimed at synthesizing these resources into environments facilitating collaboration, learning and other goals. To support the automatic identification of valuable Web 2.0 resources, this paper presents an approach for estimating the information value of messages posted to an online forum. The system integrates key insights that include (1) how to reliably obtain large quantities of both positive and negative examples of such resources for use in training a machine learning algorithm, (2) the importance of considering authorship when analyzing the value of an online message, (3) the benefit of considering the subsequent message when analyzing a given message for its importance, and (4) how to develop and leverage a custom sentiment analysis model for use in automatically identifying high-value messages. In an evaluation using almost 90000 messages from an online forum, a baseline model for identifying valuable messages made over 50% more errors than the proposed model.

Keywords - Web 2.0; Communities of Practice; Informal Learning

I. INTRODUCTION

Social media, message boards and other information systems play an important role in informing members of an online community. For example, online comments aid in word-of-mouth distribution of perceptions regarding brands and corporate governance [1][2] and in the dissemination of information from health authorities [3][4]. Online forums are also becoming important to education, as over 80% of university students responding in one survey indicated that they had used forums to support learning, and all but 10% of these felt the forums were beneficial [5]. Teachers agreed with the value of Web 2.0 materials in this study and in another study [6]. New platforms are appearing that enable learners to collect Web 2.0 content into personalized learning environments (e.g., [7][8]).

Researchers have now begun to propose business models whereby companies could make money by helping to link together Web 2.0 content into a new “Web 3.0” that intelligently tailors itself to each user’s needs [9][10]. Such linking and tailoring could be achieved not only on the basis of machine learning over the content of Web 2.0 resources, but also by taking into account the diverse profiles of users [11]. Such information systems could also aim to fill gaps among existing products and services by helping users to achieve a higher level of collaboration [12]. And, returning to the educational context, intelligent information systems could facilitate the adoption of Web 2.0 resources as “learning objects,” which currently lags in part due to the difficulty of cataloguing resources [13].

As society moves toward a future where information systems intelligently link Web 2.0 content, it is important to note that not every resource contributed by users is of equal information content, equally innovative, or offering equal value. Some material online is wrong, incomprehensible, outdated, or of use to only a vanishing fraction of a given community of practice. For example, not all contributions to online technical support forums are equally beneficial. Some messages exactly answer an important question, but others do not.

For this reason, many such systems provide a means for users to flag messages that they consider the solution to a given problem—however, unfortunately, this feature is very rarely used to explicitly mark these valuable messages. For example, the manufacturer of the LabVIEW programming tool (National Instruments) provides an online forum where users can ask one another for help with problems.¹ This LabVIEW forum has accumulated over 800,000 user messages related to over 150,000 problems (or other conversations) since its inception in 1999. Of these messages, fewer than 5% have been explicitly marked as a solution to the corresponding problem; conversely, only 15% of conversations contain a message flagged as a solution. It is doubtful that 95% of messages in the forum are useless; rather, just as schools often lack the human resources to catalog useful Web 2.0 learning objects [13], many people who post questions to the forum might simply not take the time to go back and mark solutions explicitly.

Information systems such as online forums could become more effective at technical support, and useful for promoting adoption of tools, if they provided a means of identifying potentially valuable messages even if those contributions were not explicitly flagged as a high-quality contribution. Such a system could, for example, automatically assign an estimate of the message’s information value (by which the current paper defines as the message’s likelihood of being a solution to its respective conversation); such a system could then give higher rankings in search results to forum contributions that score well. In addition, messages obtaining a high estimated likelihood of being a solution might be preferred by any information system that links such resources together as part of “Web 3.0” [9][10].

Therefore, this paper presents an approach for automatically estimating the likelihood that a message in an online message board contains the solution to the corresponding user-specified problem. This approach calls for building a machine learning model that can recognize valuable messages based on the properties of the message as well as the subsequent message in the conversation. For example, if the

National Instruments funded this research.

¹ <http://forums.ni.com/t5/LabVIEW/bd-p/170>

subsequent message contains the phrase, “Thank you, that’s an excellent idea,” then the model could note the positive sentiment and assess that the message of interest is likely to be of high information value. The results offer ideas for researchers interested in analyzing forums or other Web 2.0 repositories, and the model can serve as a component within a variety of applications.

II. APPROACH FOR ESTIMATING THE LIKELIHOOD THAT FORUM MESSAGES ARE SOLUTIONS

The focus of this work is on helping programmers find information in an online technical support forum. Each conversation, called a “thread,” consists of a sequence of messages. The first message is typically about some programming problem, such as a query about how to accomplish a particular programming goal. Each message, including the initial message, could include one or more attachment, such as a code sample, which in LabVIEW is called a “Virtual Instrument” (VI). For each thread, one message may be marked by the initial author as an accepted solution to the problem that sparked the thread.

The proposed model for identifying apparently valuable forum messages is a supervised hierarchical machine learning model. For a given message M authored by a user $A(M)$ within conversation $C(M)$, this model returns an estimate of the likelihood that M is a solution.

A. Considerations for designing the model

Insight 1: What data to use for training a model

Training a supervised machine learning model requires positive and negative examples. In the current case, the forum contains messages that users have explicitly flagged as solutions in their respective conversations (i.e., positive examples). A key challenge, for the purpose of training a model, is identifying messages that are not solutions. Even if a message has not been flagged as a solution, it still might be flagged as a solution at some point in the future, or the user who initiated the conversation might not have remembered (or cared) to flag any message as a solution, even if a true solution did in fact exist.

One insight is that if a conversation does have a marked solution, then any messages written prior to that solution must have existed at the time that the solution was marked. Yet the conversation’s initiator looked past these messages and instead marked the newer message as a solution. Therefore, for the purposes of training a model, it is possible to treat these *earlier messages* as non-solutions because they clearly (in the mind of the conversation initiator) were less valuable than the solution. It is not appropriate to infer anything about the value of messages posted after the solution, because the forum provides no way to determine precisely when the conversation initiator marked a solution, so it is impossible to determine whether those subsequent messages existed at the moment that the conversation initiator marked a solution.

In short, the forum provides appropriate training data from any conversation C that has a marked solution $S(C)$. It is necessary to discard the initial message M_0 of the conversation as well as any message subsequent to the solution M_S . Each M_i is treated as a solution for $i=S$ and a non-solution for all $0 < i < S$.

Insight 2: Authorship could provide information about the likelihood that a message is a solution

As in earlier studies of online comments (e.g., [4]), certain features of M as well as the author $A(M)$ of M may provide information useful for estimating the likelihood that M is a solution. These features of M could include the length of M , the position of M in $C(M)$, and whether M contains any attached code. The forum also allows other users to mark a message M as useful (referred to as “giving kudos”), and although this feature is rarely used, it may provide information about the likelihood of M being marked as a solution. The set of such features, calculated from the message, shall be referenced below as $\mu(M)$, which Table I enumerates.

Relevant features of $A(M)$ may include indications of expertise, such as the number of previous messages written and the author’s position in the forum’s 5-level ranking system (which ranges from “Member” for new users to “Knight of NP” for users who have extensive experience and many past messages). Another authorship feature is whether the author of M is the same as the person who initiated the conversation—i.e., $A(M) = A(M_0)$; this feature may be valuable because conversation initiators might be unlikely to mark their own subsequent comments in the thread as solutions to the questions that they themselves initially wrote. The set of such features, calculated from $A(M)$, shall be referenced below as $\alpha(M)$.

Insight 3: The subsequent message could contain information about whether a message is a solution

Going beyond these features of M and $A(M)$, the next key insight for constructing the model is that the value of a message M might often be inferred from the subsequent message. For a given message M with position i in $C(M)$, M_+ shall serve as shorthand for this subsequent message M_{i+1} .

For example, a standard use case for a forum is where a certain person $A(M_0)$ writes a question, another person $A(M)$ answers it, and then $A(M_0) = A(M_+)$ replies to acknowledge the solution. Consequently, the authorship of M_+ could contain information about whether M is a solution. Moreover, the properties of M_+ itself could provide further information. For example, if M has few kudos but M_+ has many, then perhaps M would be less likely than M_+ to be a solution. It is therefore desirable to calculate $\alpha(M_+)$ and $\mu(M_+)$. A small set of additional features $\delta(M, M_+)$ describe the difference between certain features of M and the corresponding features of M_+ .

Insight 4: The words within the subsequent message could provide information about whether a message is a solution

Going one step further, the sentiment of M_+ might indicate whether M is a solution, under the expectation that M_+ would have a relatively positive sentiment in situations where M is a solution. For example, the marked solution of one actual conversation in the forum was followed by the response, “Thank you very much! It took me almost the whole day to do that, but it works very good! Thank you very much, I was almost desperate finding a solution...”

Sentiment analysis systems (e.g., [14]) could be used to compute the sentiment of M_+ , but these are generic and not been tuned for the context of programmers’ technical support

TABLE I. SUMMARY OF FEATURES USED

$\mu(M)$ and $\mu(M+)$: Features computed on M and M+	
bxlen	Number of characters
midxpct	Position of the message in the conversation as a fraction of the entire length of the conversation
attvi	Number of source code files attached to the message (i.e., LabVIEW VIs)
attimg	Number of images attached to the message
attother	Number of other attachments with the message
nkudos	Number of approvals ("kudos") given to the message by the community
year	Year in which the message was written
$\alpha(M)$ and $\alpha(M+)$: Features computed on A(M) and A(M+)	
nposts	Number of posts (total) written by this author
rank	Rank of this author in the forum's 5-level system (dependent on the experience and number of posts by the author)
inita	1 or 0, indicating if the author of this message is the same person who initiated the conversation
$\delta(M, M+)$: Features describing differences between M and M+ and authors	
timegap	Number of minutes that passed between M and M+.
rankDelta	$\text{rank}(A(M+)) - \text{rank}(A(M))$
npostsDelta	$\text{nposts}(A(M+)) - \text{nposts}(A(M))$
$\sigma(M, M+)$: Feature showing sentiment information from M+ about M	
sigma	Number in the range [0,1] estimating the likelihood that M is a solution, based on the words that appear in M+. (Fig. 1)

forums. In particular, although these systems might note some positive words such as "good" in instances like the example above, they would not recognize the word "solution" nor recognize that the word "desperate" does not indicate a negative sentiment here. Thus, it appeared there could be value in training a custom sentiment analysis subsystem for the current context.

Different words seemed likely to be of value depending on which person has written M_+ . It is unlikely, for example, that people will thank themselves—that is, that M_+ will contain a note thanking A(M) for M if $A(M) = A(M_+)$. Another issue is that M would lack an M_+ if M is the last message in C(M).

Thus, there appeared to be four different cases of interest:

Case #1: The initial author of the thread's first message is the one who wrote M_+ . In this case, it is plausible to expect that M_+ will contain words thanking A(M) if M is a solution.

Case #2: The author of M is the same as the author of M_+ . This means the author of M replies to him or herself.

Case #3: The author of M_+ is neither the author of M nor the author of the initial message, but rather some third party who also happens to participate in the conversation.

Case #4: There is no subsequent message M_+ because M is the last message in the thread.

In effect, the proposed approach is to create a supervised hierarchical machine learning model, where M is deterministically classified into one of these four cases, within which a case-specific machine learning model categorizes the M as a likely or an unlikely solution.

Other considerations

As noted in Section I, it is desirable to support extensions to the forum search engine, such that it becomes possible to sort search results based on an estimate of messages' information value. Sorting requires more than a binary assignment between solution and not-solution categories (even though for evaluation purposes in Section III it is necessary to issue a binary prediction of whether a message is a solution). Instead, it is preferable to obtain a continuous variable indicating an estimate of the likelihood that a message is a solution, preferably in a defined range. For this reason, logistic regression, which takes numeric inputs (i.e., the machine learning instance features) and computes a likelihood estimate in the range [0, 1], proved to be an appropriate model.

B. Resulting approach

Given the considerations above, the following approach was evaluated for developing a hierarchical machine learning model to estimate the likelihood that a message is a solution.

First, per insight 1, a script was written to retrieve all messages in the LabVIEW forum. The script marked a message M_i in conversation C(M_i) as a non-solution if $0 < i < S(C(M_i))$, and a solution if $i = S(C(M_i))$. Consistent with insights 2-4, the script retained M_{S+1} but only for the purposes of computing features on M_+ for the case where $i = S$, but the script did not actually mark M_{S+1} as a solution or non-solution for training the model. Per insight 4, the script deterministically assigned each message M_i to one of four cases, depending on the authorship of M_{i+1} .

Second, for each of the three cases where M_+ exists, a sentiment-oriented logistic regression model was trained using the words of each M_+ to estimate the likelihood that M was a solution. The output of this model shall be referenced as $\sigma(M, M_+)$. Figure 1 shows the procedure. Specifically, for each of these cases, the script identified the 1000 words that provided the greatest information gain in terms of differentiating between solutions and non-solutions. These were the words that occurred very often in M_+ when M was a solution ("true positives") and very rarely in M_+ when M was

For a given case (#1, #2, #3)...

Retrieve all messages M_+
 Convert each message M_+ to lowercase
 Parse each M_+ into words
 For each word w that appears in any M_+ ,
 Let NP = number of M such that M is a solution and M_+ has w
 Let NN = number of M such that M is not a solution and M_+ has w
 Let TP = NS / total number of M that are solutions
 Let FP = NN / total number of M that are not solutions
 Let info(w) = absolute value of TP - FP

Retain the 1000 words with the largest info(w)

For each message M_+ , discard any words not in this set of 1000 words.
 Let length(M_+) = total number of remaining words
 Let proportion(M_+ , w) = (count of w in M_+) / length(M_+)

Train a logistic regression model σ on the instances M of this case, where the training features are (proportion(M_+ , w)) and the target feature to predict is the binary value of whether M is a solution

Figure 1. Algorithm for identifying the words of interest

not a solution (“false positives”). Having identified these words of interest, all other words in any M_+ of this case were discarded. The script computed the proportion that each remaining word constituted for each M_+ (i.e., indicating how often the word of interest occurred, normalized for the length of M_+). The script used these proportions to train a simple logistic regression model, which took the proportions as features and combined them to produce a value σ for M in the range $[0,1]$ indicating the estimated likelihood that M was a solution based on the words in M_+ .

Third, and finally, a full final machine learning model was trained for each case. Specifically, this logistic regression model used the features $\alpha(M)$, $\mu(M)$, $\alpha(M_+)$, $\mu(M_+)$, $\delta(M, M_+)$, and $\sigma(M, M_+)$ to estimate the likelihood that each M was a solution.

III. EVALUATION

A. Data and evaluation methodology

The command-line script iterated through the entire National Instruments LabVIEW forum and retrieved a copy of every conversation since the forum’s establishment in 1999. The program analyzed each to identify the conversations containing an explicitly flagged solution, from which it labelled (as positive or negative examples) all messages after the conversation’s initial message up to and including the explicitly flagged solution, as specified in Section II.B. This procedure yielded a total of 88219 forum messages, classified into the four cases indicated by Table II.

TABLE II. ASSIGNMENT OF TEST INSTANCES TO THE APPROACH’S FOUR CASES

Case		# instances
#1	$A(M_+) = A(M_0)$	40109
#2	$A(M_+) = A(M)$	2533
#3	Other $A(M_+)$	40203
#4	No M_+	5374

The utility calculated the features necessary for training three models (Table I).

Baseline model: The first model incorporated only the features $\alpha(M)$ computed on $A(M)$ and the features $\mu(M)$ computed on M . Specifically, this logistic regression model mapped from $\alpha(M) \cup \mu(M)$ to a number in the range $[0,1]$ indicating the likelihood that M was a solution.

Sentiment-only model: The second model incorporated only the words of M_+ to compute σ , which was treated as the final prediction of whether each M was a solution. Section II.B describes the computation of σ .

Full model: The third model incorporated the features $\alpha(M)$, $\alpha(M_+)$, $\mu(M)$, $\mu(M_+)$, $\sigma(M, M_+)$, and $\delta(M, M_+)$. This logistic regression model mapped from the union of these features to a number in the range $[0,1]$ indicating the likelihood that M was a solution as Section II.B described in detail.

For each model, output values were mapped to true or false depending on whether the value exceeded 0.5. These predictions were compared to the ground truth about whether

each M was a solution as recorded by the script.

The standard 10-fold validation method was used to train and evaluate these models. This method calls for training the model with 90% of the instances, reserving 10% for testing the model, and then repeating a total of 10 times so that every instance serves as a test instance once.

Two metrics served for comparing the quality of the three models. The first metric, error rate, equaled the proportion of instances for which the prediction differed from the truth. The second metric was the canonical weighted F-measure statistic, which incorporates the precision and recall rates.

B. Results

Baseline model: The baseline model achieved approximately 22% error rate and an F-measure of 0.76 (Figure 2). This level of quality indicates that for approximately 4 out of 5 instances, information about the author and the message itself sufficed to predict whether the forum message was a solution in its conversation. This result sets a high bar for any other model aimed at more accurately identifying solutions.

Sentiment-Only model: Nonetheless, the Sentiment-only model achieved a slightly higher level of quality, with an error rate of only 18% and an F-measure of 0.79 (Figure 2). This indicates that the words in the message after M contained at least as much information about M ’s being a solution, compared to M and $A(M)$ alone.

Specifically, Table III shows how the quality of the Sentiment-Only model varied depending on the specific case of M . The best metric scores appeared in the two most common cases, #1 and #3, where the error rate outperformed that of the Baseline model. The Sentiment-Only model performed poorly in the case of author self-responses (Case #2); an author’s sentiment about him or herself appeared to provide little information. Case #2 instances were extremely rare, comprising less than 3% of the entire data set.

Thus, as anticipated, the words used in response to a message’s author provided substantial information about the message’s value. This conclusion about the value of sentiment-oriented words is further supported by the specific words that carried the most information content in these cases (Table IV). For both of these two cases, the word “thanks” appeared far

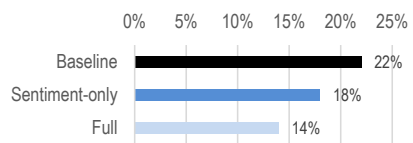


Figure 2. Comparison of model error rates

TABLE III. ANALYSIS OF RESULTS FOR THE SENTIMENT-ONLY MODEL

Case	# instances	Error rate	F-measure
#1	$A(M_+) = A(M_0)$	20%	0.78
#2	$A(M_+) = A(M)$	28%	0.74
#3	Other $A(M_+)$	14%	0.81
#4	No M_+	Not applicable, σ undefined	

TABLE IV. ANALYSIS OF INFORMATION CONTENT OF M_+ FOR THE SENTIMENT-ONLY MODEL

Case		Information content	
		Top 4 words	TP-FP
#1	$A(M_+) = A(M_0)$	thanks	0.22
		thank	0.16
		is	-0.23
		to	-0.20
#2	$A(M_+) = A(M)$	your	-0.07
		vi	-0.07
		less	0.02
		small	0.02
#3	Other $A(M_+)$	are	-0.09
		you	-0.09
		solution	0.05
		thanks	0.04
#4	No M_+	Not applicable, info(w) undefined	

more often when M was a solution (TP) than when M was not a solution (FP). (“Thank” also appeared for Case #3, but not in the top four words.) In addition, “solution” appeared in the top word list for Case #3, highlighting the value of including words that might traditionally not be considered indications of sentiment in a general-purpose sentiment analysis system, confirming the benefit of training a domain-specific sentiment model for the current application.

For Cases #1 and #3, many short words such as prepositions (e.g., “to”) and forms of the verb “to be” (e.g., “is” and “are”) appeared in M_+ when M was not a solution. After informally reviewing the data, it became apparent that these words typically signaled the presence of multiple full sentences in M_+ . When $A(M_+)$ had much to say in response to M , this usually indicated that M was not a solution. In contrast, short “thank you” notes indicated M was a solution. These results, incidentally, suggest value in retaining “stop words” such as “the” and “a” that occur very frequently in typical sentences; such words are sometimes considered noise containing no information, but the results above clearly suggest that these words contain some information for the current problem. Therefore, filtering these words would likely reduce the accuracy of the machine learning model.

Full model: The Full model had an error rate of only 14% and an F-measure of 0.81 (Figure 1). Thus, the Baseline model made over 50% more errors than the Full model did, and the Sentiment-Only model made approximately 30% more errors.

Analyzing the quality of the Full model’s results reveals interesting differences among the cases (Table V).

The Full logistic regression model in Case #1 assigned an

TABLE V. ANALYSIS OF RESULTS FOR THE FULL MODEL

Case		# instances	Error rate	F-measure
#1	$A(M_+) = A(M_0)$	40109	16%	0.83
#2	$A(M_+) = A(M)$	2533	0%	0.99
#3	Other $A(M_+)$	40203	12%	0.86
#4	No M_+	5374	Not applicable, M_+ undefined	

extremely high weight to the σ feature and adjusted the prediction only slightly based on other features; the three most important of these were if $A(M)$ was the same as $A(M_0)$, if M received kudos, and if M_+ received many kudos. (Specifically, in technical terms, the odds-ratio was 119.84 for the σ feature, 8.98 for $\text{inita}(M)$, 2.95 for $\text{nkudos}(M)$, and 0.50 for $\text{nkudos}(M_+)$, indicating that σ was far more informative than these other factors.) Features with less significant weights included those related to attachments and those in α .

The most influential features for Case #3 were mainly the same (though with different weights), indicating again the substantial value of σ in identifying whether M was a solution.

In contrast, the Full logistic regression model for Case #2 (self-replies) was quite different—and even more accurate. Here, σ played a negligible role, and important features instead included the number of kudos for M and the number of VI and image attachments on M_+ . Interestingly, in many cases where M was a solution and $A(M)$ then replied to him or herself, M_+ indicated that he or she had forgotten to attach relevant code, which M_+ contained. The cumulative informativeness of these features more than made up for the lack of information provided by σ .

Notice in addition that the list of influential features in each case included some from $\alpha(M_+)$ or $\mu(M_+)$, which also helps to explain how the Full model outperformed the baseline model. Conversely, $\delta(M, M_+)$ always received low weighting and could be removed from the model.

These results together show the value of a message M in this technical forum could often be determined by analyzing the subsequent message M_+ . However, the specific information to rely upon from M_+ differed depending on who wrote M_+ (i.e., the author of M_0 , the author of M , or another individual).

IV. RELATED WORK

Sentiment analysis: Sentiment analysis is a common method adopted for analyzing communications in Web 2.0 and other contexts [15]. For example, one study analyzed the sentiment of social media messages regarding several important Portuguese and Brazilian companies, which revealed that users mostly had a positive or neutral view on the companies’ brands but a mostly negative view of their corporate governance / business management [1]. Another study classified the tweets of medical authorities as positive, negative or neutral sentiment in order to investigate whether the level of sentiment positivity correlated with demographic data and other variables [4]. Other work has examined the changes of tweet sentiment over time during and after major health crises [3], and research has shown the feasibility of classifying children’s writings into three categories (fearful, happy, or sad) based on a textual sentiment analysis [16]. Still other work has combined sentiment analysis with unsupervised machine learning to automatically identify hotspots—places in online forums where substantial information is rapidly exchanged [17]. The current work contrasts with these by showing how to develop a custom sentiment-analysis model (in contrast to using an off-the-shelf model such as SentiWordNet [14], e.g., as in [4]) for the purpose of *estimating the value* of messages in an online technical support forum.

Other analyses: Several studies have applied a broader range of other analysis techniques to Web 2.0 contexts. For example, one study developed an approach for assessing the competence of group work within such a context [19]. Another presented an analytical categorization of different actions taken by participants within groups or other collaborative settings of the Web 2.0 context [9]. Like these studies, the current work seeks to perform categorization in a Web 2.0 context. However, whereas these studies categorized group participants [19] or actions [9], the current work categorized *messages* on the basis of the likelihood that those messages provided solutions to the questions that prompted their respective threads of discussion. Other work has applied unsupervised machine learning to classify forum messages or other Web 2.0 content (e.g., [11][17]), although not by leveraging *subsequent* messages for inferring the value of messages.

Studies of Web 2.0 resource repositories and their usage: Numerous studies have investigated the extent to which forums and other information systems containing Web 2.0 resources support different communities of practice. Many such studies have focused on educational contexts. This research consistently has found widespread agreement about the potential value of the resources (e.g., [5][6][13]) yet also has highlighted challenges with promoting the adoption of such resources (e.g., [13]), particularly in light of the need for supporting and encouraging specific student strategies required to obtain maximal benefit from such systems [18]. New information systems have been proposed to ameliorate these difficulties (e.g., [8]), and the findings in the current paper suggest the potential benefit of *extending* these information systems to automatically analyze the value of available user-provided resources.

V. CONCLUSIONS

This paper has presented a supervised hierarchical machine learning model for automatically estimating the likelihood that a message in an online technical support forum is a solution to the question that prompted the respective conversation. The contributions include (a) insights into how to structure and train such a model, (b) the finding that it is possible to build a reasonably accurate model based solely on data about each message and its author, (c) the finding that it is possible to build a slightly more accurate classifier based solely on sentiment analysis of the subsequent message, and (d) the finding that an integrated model raised accuracy still further.

This work does have limitations. The evaluation did not evaluate the accuracy of the machine learning model on data outside the training set, although it did use 10-fold validation to limit the potential threat to validity; future work could involve running the model on other data and having humans rate results. In addition, the study did not evaluate whether flagging potential solutions actually helps programmers to learn from the forums, and future studies could investigate this, as well. The current model is focused on one measure of information value—the likelihood of being a solution—and future work could extend this to estimate other forms of value. Finally, research could investigate the approach’s generalizability to other forums.

The results offer ideas for researchers analyzing forums or

other repositories. First, this work demonstrates the applicability of machine learning and suggests that the *temporal ordering* of messages can be used to categorize instances as either positive or negative examples, even in situations where explicitly-labelled negative examples are otherwise difficult to obtain. Second, the current research shows that this temporal ordering—and, in particular, the analysis of *subsequent* messages—can provide useful information for increasing the accuracy of a machine learning model. Finally, the structure of the model demonstrates a means of *integrating* sentiment analysis with other machine learning features, and the quantitative results highlight the consequent increases in model accuracy.

The model can now serve as a component in possible applications or other innovations. For example, it is possible to construct the new search engine mentioned earlier. In addition, a Web 3.0 system could identify potentially valuable resources and link or otherwise synthesize these into environments that are more efficient, more effective, and more valuable.

ACKNOWLEDGEMENT

National Instruments funded this research and gave permission to download the contents of the online forums. Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of National Instruments.

REFERENCES

- [1] Fonseca, A., and de Castro, M. (2013) Modern distribution eWOM. *8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [2] Jansen, B., Zhang, M., Sobel, K., and Chowdury, A. (2009) Twitter power: Tweets as electronic word of mouth. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(11), 2169-2188.
- [3] Chew, C., and Eysenbach, G. (2010) Pandemics in the age of Twitter: Content analysis of tweets during the 2009 H1N1 outbreak. *PLoS One*, 5(11), e14118.
- [4] Weitzel, L., Aguiar, R., Rodriguez, W., and Heringer, M. (2014) How do medical authorities express their sentiment in Twitter messages? *9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [5] Alves, P., Miranda, L., Morais, C., and Alves, E. (2011) Tools evaluation of Sakai collaborative learning environment by higher education students and teachers. *6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [6] Banda-Sierra, F., Reinoso, A., and Reichardt, S. (2015) Analysis of the utilization of Web 2.0 resources in secondary education and advanced vocational training studies. *IEEE Frontiers in Education Conference*.
- [7] Garcia-Penalvo, F., Conde, M., Alier, M., and Casany, M. (2011) Opening learning management systems to personal learning environments. *Journal of Universal Computer Science*, 17(9), 1222-1240.
- [8] Oliveira, L., and Moreira, F. (2010) Integration of Web 2.0 applications and content management systems on personal learning environments. *5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [9] Almeida, F., and Lourenco, L. (2011) eCreation of value with Web 3.0 technologies. *6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [10] Delen, D., and Demirkan, H. (2013) Data, information and analytics as services. *Decision Support Systems*, 55(1), 359-363.
- [11] Costa, P., Oliveira, S., and Nunes, L. (2013) Profiling web user preferences with text mining: Plan2See—Dynamic formulation of conceptual groups. *8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [12] Gonzalez, M., Gonzalez, L., and Giraldo, G. (2013) Survey of interaction in Web 2.0 social networks and its application to support open innovation processes. *8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [13] Goncalves, M., Cota, M., and Pimenta, P. (2011) What kind of learning objects are used in higher education institutions? *6th Iberian Conference on*

- [14] Esuli, A., and Sebastiani, F. (2006) SentiWordNet: A publicly available lexical resource for opinion mining. *Proceedings of LREC*, 417-422.
- [15] Vinodhini, G., and Chandrasekaran, R. (2012) Sentiment analysis and opinion mining: A survey. *International Journal*, 2(6), 282-292.
- [16] Lopez, E., Santiago, F., Vallejo, A., and Lopez, A. (2010) Sentiment analysis on a corpus of texts written by primary school children. *5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [17] Li, N., and Wu, D. (2010) Using text mining and sentiment analysis for online forums hotspot detection and forecast. *Decision Support Systems*, 48(2), 354-368.
- [18] Venkatesh, V., Croteau, A., and Rabah, J. (2014) Perceptions of effectiveness of instructional uses of technology in higher education in an era of Web 2.0. *Hawaii Int. Conference on System Sciences*, 110-119.
- [19] Fidalgo, A., et al (2014) Design and development of a learning analytics system to evaluate group work competence. *9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*.

An information system to ease the creation and deployment of context-aware, location-based surveys

Christopher Scaffidi

Center for Applied Systems and Software
School of Electrical Engineering and Computer Science
Oregon State University
Corvallis, OR, United States

Abstract — Mobile surveys are an important research tool. In mobile health, triggering survey questions based on patient health, context, and other external information can aid in tailoring a survey to each specific user’s particular situation. However, creating such a survey with existing systems is burdensome. Therefore, this paper presents a novel information system to ease the creation and deployment of context-aware, location-based surveys. In a within-subjects experiment, 12 participants with minimal programming expertise created context-aware, location-based surveys more quickly and with fewer errors than with a competing commercially-available system that lacked support for questions triggered by physical phenomena, showing the potential usefulness of the approach for future research studies.

Keywords — *context-aware/location-based computing; mobile health*

I. INTRODUCTION

Information systems for showing surveys have become an important tool for acquiring data in the field. Researchers have progressed from hard-to-process pen-and-paper questionnaires to simple electronic surveys on the web and mobile devices [1][2], and from expensive telephone-based interviews to web-based questionnaires [3].

Nowhere is the potential benefit of mobile surveys more apparent than in the area of healthcare. Whereas early systems for remote monitoring of medical patients and other users were “highly centered in the physical ambient that surrounds the humans and not showing the characteristics or necessities of humans” [4], subsequent systems have demonstrated how to successfully integrate surveys with data about ambient or biological phenomena. For example, such a system can monitor the user’s physiological status, detect deviations from normal, and present a brief questionnaire to the user [5].

Systems frequently integrate surveys with other physical data. Mobile systems exist for presenting integrated information to doctors and other medical staff [6]. Applications have included a “smart” hospital bed to track vital signs with an integrated app [7]. Additional opportunities could include triggering survey questions based on output from sub-systems

for monitoring the elderly for falls [8], for neonatal monitoring [9] and for medication monitoring [10]... all of which could involve displaying surveys in response to arbitrary sensor input.

These and other applications point toward the value of triggering survey questions in response to physical phenomena (reflected in accelerometry, geolocation, spirometry, etc.)

Likewise, the current work presented in this paper is situated within a similar effort intended to support mobile computing in the context of healthcare, epidemiology, and environmental assessment. This project focuses on the effects of airborne pollution in poor communities [11], and it involves monitoring users’ lung function (with a spirometer) in order to prompt specific survey questions that assess users’ perceived symptoms [12]. Tracking users’ physical location also provides data for triggering other survey questions.

Section II presents the background and requirements for the health science project that motivated the current research, and Section III explains the challenges of achieving these requirements with existing survey systems. Section IV describes a new survey-editing system created in response to these needs; the tool includes innovative features for reducing error rate and easing the creation of cyberphysical questionnaires. Section V presents the evaluation, and Section VI summarizes conclusions, limitations, and opportunities for future work.

II. BACKGROUND AND REQUIREMENTS

Prior work developed a mobile device, centered on a smartphone app, that a user can carry to monitor ambient air pollution, location, and lung function [12]. The system uses a gel to trap pollutants, GPS to record the user’s location, and a spirometer to monitor lung function. These data provide objective measures of the air quality and the user’s physiological status at various times and locations throughout the day.

Crucially, the smartphone also includes an app to monitor the user’s *subjective* perceptions of lung function, as well as data about *behavior*. This information aids interpretation of the

Oregon State University and NIH sponsored this work (see acknowledgements).

objective data and enables investigating the relationship between physical and subjective phenomena. The app accomplishes this by showing a survey in the morning, afternoon and evening, which asks for the following information...

- How often the user took asthma medication
- Whether the user was near a smoker
- The user's perceived level of asthma symptoms
- Whether the user kept the system alongside all day
- The reason (if applicable) why the user did not keep the system alongside all day
- How long the user spent outdoors, indoors at home, indoors at work, indoors at school, and elsewhere
- The reason (if applicable) why the user missed specific spirometry measurements during the day

The app loads multiple-choice questions from a JSON file, issues an alert to the user, and displays the questions to collect data. Users often lack internet access for periods of the day. Therefore, the app records survey data in a temporary file that it uploads to a server (along with other data such as GPS and spirometry data) when a network connection becomes available. The user periodically sends the device's gel in a labeled envelope to the laboratory for analysis.

Evaluation of the system with end users has confirmed its usability in practice [11], but moving forward with the project presents three key requirements: remote deployment, copy-paste textual compatibility, and an editor for specifying questions triggered by physical phenomena.

A. Remote deployment

First, the survey has frequently required modification, including over a dozen revisions in 2015. In most cases, changes were edits to question wording or to multiple-choice options. Deploying the system in studies over the next few years may inspire or require additional survey changes. Deployment to communities that have particular environmental conditions may require the addition of corresponding questions. Currently, making such changes requires editing the JSON file, rebuilding the app, retrieving the smartphones from the field, re-installing the app onto the phones, testing that the app continues to function properly, and returning the phones to the field. It should be possible to create and/or reconfigure surveys, and to load them into the app, without having to hire a programmer (or another person who can read JSON) for every small change and without pulling the phone from the field.

B. Copy-paste textual compatibility

Second, it is especially desirable that it should be easy to configure and reconfigure surveys using copy-paste from a textual document. The reason is that the university Institutional Review Board (IRB), which oversees human subjects research, requires text versions of all surveys for review. The research group of the current project also uses word processors in order to "track changes" while circulating drafts. Manually translating from the Microsoft Word documents required by the IRB to the JSON format used by the app has proven time-consuming and prone to error. Instead, it should be very easy to turn a textual draft into a survey. The approach taken for the current project, below, is to provide support for copy-paste of

multiple-choice questions from a text editor into the survey editor.

C. Triggering questions based on physical phenomena

Third, many questions should only appear in certain circumstances—for example, a survey might pose questions only if the users in a particular study have ventured near to a particular industrial site, or if they had poor spirometry readings. The app has been able to show or hide questions depending on the time of day, current or recent locations, spirometry measures, and prior answers (skip logic). However, the system has lacked a convenient way for scientists to *specify* these questions, without writing JSON. This presents the third and final requirement, namely the need for a survey-editing tool flexible yet *usable* enough for scientists to create desired questions. Ideally, even an undergraduate student or other assistant should be able to use this tool to create the kinds of context- and location-specific questions required in the project's studies.

III. RELATED WORK: ALTERNATIVE SURVEY SYSTEMS

Though many research projects can use commercial or open-source survey systems [3], deploying surveys linked to physical phenomena on the other hand has sometimes involved the creation of custom survey systems. Examples include [6], [7], and [13]. Why would these and other researchers create custom survey systems, given the availability of off-the-shelf tools?

A key reason is the most usable survey tools provide no support for integrating questionnaires with *physical phenomena*, or they only support *location-based* questions and/or location-tracking, but not integration with measurements of vital signs (as in [6] and [7]) or (as in the current project) with spirometry, limiting the potential for adoption in all research contexts.

A search for survey-editing tools turns up many options. For example, one summary lists dozens of existing tools [14]—but a careful review of this list soon reveals these tools' limitations. For example, the LimeSurvey tool on this list runs on a webserver, not in an app, preventing it from monitoring vital signs or spirometry. MaritzCX enables collecting customer-feedback data, but again offers no integration with sensors. Zapier is a system for linking apps (primarily web-based applications) that could transfer data between survey systems, but the system itself does not appear to offer survey functionality. Qualtrics [15], like KoBoToolbox, Dooblo, mapit-gis and many open-source tools, offers an offline component and allows surveys to trigger questions based on the user's *current* location. However, it cannot show questions based on *retrospective* location data, such as whether a user visited a certain industrial site at any time during the past day. Specific tools have many other limitations to functionality or usability. For example, the popular SurveyMonkey system [16] requires end users to be online when answering surveys (which would be incompatible with the periodic inaccessibility of the internet for end users in the current project).

It is conceivable that cobbling together a collection of libraries and open source systems could have provided a minimally viable system, which could be extended with new features for linking surveys with arbitrary physical phenomena

such as spirometry. However, for the current project, it soon became clear that the most straightforward and elegant path would be to develop a new system that, from its inception, included support for cyberphysical questionnaires.

The decision to create a new system also provided an *opportunity to test usability ideas* for easing creation of surveys. These include an idea for nesting editor widgets in a way that reduces errors when specifying the complex criteria for triggering questions, as well as an idea for simplifying the task of populating multiple-choice questions by copy-paste.

IV. APPROACH

Fig. 1 depicts the enhanced system for creating and deploying a Cyber-Physical Questionnaire (CPQ).

A. CPQ editor

The CPQ editor is a browser-based tool for creating surveys (Fig. 2). A member of the project’s science team, such as an undergraduate assistant, logs into the editor, adds questions to the survey, and saves it.

Each question can be multiple-choice, many-select, or text input. “Many-select” means the end user may check 0 or more options (rather than one as in multiple-choice). The editor supports validation on text inputs, including requiring a positive integer, any number, or a short string. The editor also allows a question to require no input, serving merely to show a message.

Each multiple-choice and many-select question may have an internal value for each option that differs from the human-readable form (e.g., “Option X” may be stored internally as a 1

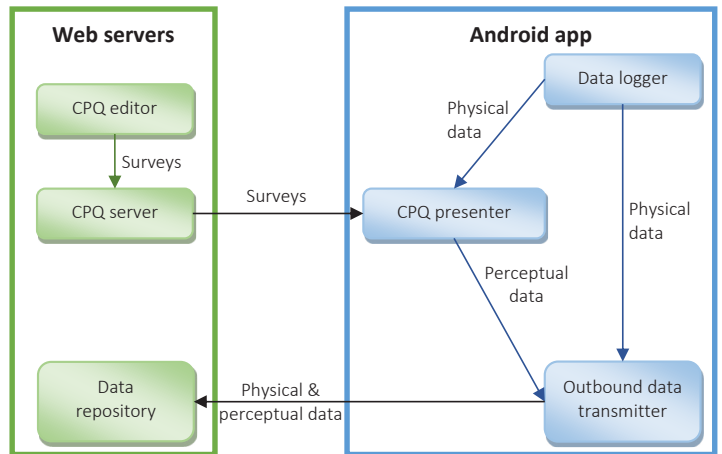


Fig. 1. Architecture of the system, including components responsible for the creation, deployment, and presentation of CPQs.

and “Option Y” as a 2). Consistent with the requirement for easy copy-paste from a textual document, options and corresponding values are edited within a single text area. It is thus possible to copy-paste an entire list of options and their internal values. This potentially will save time and reduce the number of user errors.

To support linkage to data about physical phenomena, the survey supports logic via a series of nested dropdown widgets. In essence, the display logic of a question is a function that must return either true or false, indicating whether to show the question. The series of dropdown widgets offers a means of creating display logic without resorting to JSON or a traditional programming language. The dropdowns are nested in a way that disallows nonsensical combinations, and they are annotated with English text making it possible to read the

Question name:

Show to user:

Multiple choice: User picks

User response:

Show item: Show only if the GPS come within miles of (,) after

Fig. 2. Example of a question that can be edited in the CPQ editor, for example in a hypothetical study near a specific industrial context. Clicking the middle dropdown arrow (indicated by dashed oval and arrow, above right) presents a dropdown (right) that offers other display-logic choices.

the survey is started

the answer to matches to match

the GPS come within miles of (,) after

the GPS move at least miles within the past hours

the number of measurements was less than prior to

meaning of the logic directly from the screen without having to mentally convert from programming language.

Each question can be displayed or skipped based on the following criteria: when the survey started, the answer to a prior question, whether the GPS did/didn't come within X miles of a point within a certain time range, whether the GPS did/didn't move at least X miles within a certain time range, and whether the number of spirometry (or GPS) measurements in a certain time range was above/below/in a certain range. The time range for display logic above can be between midnight and a certain time of the past day, since a certain time in the past day, between two times in the past day, or in the past N hours (where $N < 24$). Internally, the kinds of logic are implemented as 10-20 lines of HTML and JavaScript each. Thus, extending the system to support new kinds of display logic would require hiring a programmer, creating a survey with the CPQ editor does not require any programming with traditional languages.

B. CPQ server: Remote deployment of surveys

Due to the need to run many studies, perhaps with differing CPQs, a method was required for associating the right CPQ to the right end users at the right time. To accomplish this, when the CPQ editor saves surveys in a JSON file format to the server, the user can specify a name. The CPQ server also associates a version number with the survey (and it retains old versions of the surveys). Thus, every survey has a name and a version.

When starting a study using a particular phone, the research team can enter a name and/or version number into a screen of the app. The app will download the corresponding CPQ and keep a copy locally, so that it can display the CPQ even if the phone subsequently lacks network connectivity. If the researcher enters a survey name into the app but no version number, the app will periodically check with the server (typically once per hour) to see if a new version of the survey has been published. This will facilitate remote updates to the survey, should there arise the need to correct a mistake after deployment to the field.

C. Android app

The system developed in prior work included a data logger that periodically wakes the phone to measure location and to prompt the user to complete a spirometry measurement [12]. The latest enhancements extended the app to make this information available to the CPQ presenter (below) in order that it can trigger questions depending on the user's recent data.

The CPQ presenter is responsible for showing questions to end users at a given trigger point. Presently, the app shows the CPQ after the user completes a predetermined number of spirometry measurements. In addition, the end user can start a survey manually via a menu option (which can be disabled in the app settings), offering the flexibility of using surveys in data collection protocols that require initiating surveys at points in time that cannot be determined based on physical data. For example, this feature would enable participants to complete the survey any time that they experience wheezing, or if they go through a building that they perceive to have poor air quality.

Prior to displaying a survey, the app retrieves recent values from the logger, essentially "freezing" a representation of the context and locations. That way, changes in physical phenomena during the survey cannot affect which questions appear (which could potentially cause inconsistencies among answers).

The outbound data transmitter, described in earlier work [12], periodically sends data to the server. All transmissions are buffered locally until a network connection becomes available, then sent through https connection to help protect users' privacy.

V. EVALUATION METHODOLOGY

Prior research evaluated the deployment and use of the data monitoring aspects of the system [11], and the new portion of the system is its support for creating a CPQ. Therefore, the current evaluation focuses on how well people can use the CPQ editor to create surveys of the type needed for future studies.

The evaluation's within-subjects experiment assigned each participant to use the CPQ editor as well as a comparison system, the Qualtrics editor [15]. The Qualtrics editor was an appropriate baseline for comparison because it is one of the most well-developed and widely-known survey tools commercially available, with capabilities exceeding those of many competitors mentioned in Section III.

Half of the participants, randomly selected, used the CPQ editor first and the Qualtrics editor second, while the other half of the participants used the two editors in the opposite order. Data collected included how long it took participants to create surveys with the editors, as well as other measures (time to complete and error rates), enabling a comparison of the editors' effectiveness for helping participants to create surveys.

A. Study design and tasks

Each participant had to create one survey with the CPQ editor and another survey with the Qualtrics editor. These two surveys were similar to the one in the larger project (Section II).

The survey that participants had to create with the CPQ editor was a simplified version of the one needed for the health science project. The main way it differed from the needed survey is a reduction in the number of questions so that this survey, in addition to the Qualtrics survey, could plausibly be created by participants within approximately 1 hour. Nonetheless, it contained questions with time-of-day display logic, location-based logic, contextual data-based logic, and answer-based skip logic.

This CPQ was further simplified to design the survey that participants would create with the Qualtrics editor. In particular, although the Qualtrics system supports answer-based skip/display logic and location-based logic, it does not support time-of-day logic or contextual data-based logic. In addition, the location-based logic is limited: although Qualtrics can skip questions based on the user's current location, it cannot skip questions based on historical data (e.g., where the user has been during the past few hours). Therefore, the



corresponding question logic was deleted or simplified to transform the CPQ editor survey into the Qualtrics survey.

As a result, the two surveys were very similar to one another (each with 10 questions), with the CPQ task slightly more complex than the Qualtrics task, and both similar to the one required for the larger project. Due to the similarity between the two study surveys, and the potential for participants to learn and “get better” at creating surveys during the study, it was likely that the participants would be able to perform the second task with the second editor faster than they could complete the first task with the first editor (regardless of task order). The data analysis corrected for this learning effect (Section V.D).

For each editor, the participant received a 2-minute tutorial about the editor. The participant then had 25 minutes to try implementing the corresponding survey, provided to them as a Microsoft Word document. During this period, the participant could ask questions about the survey but could not ask questions about the editor (i.e., could ask questions about the goal but not about how to get there). If participants ran out of time, they had to move on to the next task. At the end of the second task, the participants could enter feedback into fields of the editor regarding their experience (see Section V.C below).

B. Participants and recruitment

Participants were recruited from an introductory web development class. Although this is a sophomore-level course, some of the students are juniors and a few are seniors. All students in this course know how to program, making them competent with the concepts of variables and conditionals, implying that they would not have difficulty understanding the concept of display logic. This is an appropriate sample frame due to the fact that, in the future, the project would likely need to hire such students to perform updates to the survey at later stages of the project.

Participants were recruited by emailing invitations to all 41 students in the class, of whom 12 enrolled in the study. Based on a cursory review of the participants, as well as knowledge of the students’ abilities as demonstrated in class, there was no reason to believe that the sample was skewed toward particularly skilled or unskilled students.

Participants responded by visiting a website where they could schedule a time to visit a usability laboratory for testing of the system. Each participant had a private, individual timeslot to help preserve confidentiality. Upon arrival at the laboratory, each participant read a document describing the study and provided documentation of informed consent under a protocol approved by the university IRB. Each participant received \$15 for attempting both tasks.

C. Measures

The study focused on several measures of usability...

Task completion time: The CPQ and Qualtrics systems automatically log task completion timestamps, making it possible to compute the number of minutes spent on each task.

Error rates: The error rates were determined from a manual review of the surveys that the participants created. This

assessment ignored small typographical errors (such as omission of “?” at the end of questions) and focused on the following types of errors, due to the fact that such errors would invalidate the survey’s logic and/or data validity:

- Omission of items (e.g., due to running out of time)
- Gross typographical errors that changed the semantics of questions (e.g., omitting one or more multiple choice options, or leaving them blank)
- Incorrect naming of questions (i.e., variable names)
- Incorrect input validation (e.g., not requiring input when input should be required, or vice versa, or not validating inputs as numbers when necessary)
- Incorrect question type (e.g., accepting multi-select checkboxes rather than multiple-choice radio buttons)
- Incorrect association of numeric values with multiple choice options (e.g., giving a multiple choice option a coded value of 2 when it should be 3)
- Errors in the display logic specification (e.g., omission of location-based skip)
- Total number of errors (sum of all above)

Quantitative usability ratings: Participants gave ratings on a five-point Likert scale (Very easy = 0, Very difficult = 4):

- Difficulty of using the Qualtrics editor, overall
- Difficulty of using the CPQ editor, overall
- Difficulty of editing text in the CPQ editor
- Difficulty of controlling skip logic in the CPQ editor
- Difficulty of testing surveys in the CPQ editor

The first two ratings above were intended to support between-editor comparisons in the analysis, below. The last three ratings were intended to provide insights into what aspects of the CPQ editor required further improvement, if any.

D. Analysis

The analysis used the non-parametric Wilcoxon Rank Sum Test, which is functionally similar to a paired t-test, for two reasons. First, due to the 25-minute limit on each task, threshold effects would prevent data from following the normal distribution required by the t-test. Second, the sample size was only 12, rather than the 30+ required for a t-test. Note that N may be less than the sample size in results below because the Wilcoxon Rank Sum Test, internally, analyzes differences between conditions (i.e., between editors); so, for example, N=10 means 2 of 12 participants each had equal values for their two respective conditions.

Three one-tail statistical tests at $p < 0.05$ were performed. The first compared task completion times between the CPQ and Qualtrics editors. The second test compared *adjusted* task completion times. Specifically, as anticipated, the second task took a few minutes less than the first task. To adjust the task time, this average difference was added to the time that each participant required for the second task, thereby correcting for the average speedup between the two tasks. Statistically comparing adjusted task completion times assessed whether any differences remained even when taking apparent learning into account. The third statistical test compared the editors in terms of total numbers of errors committed by each participant.

VI. RESULTS

On all measures, the new editor proved effective at helping participants to create surveys.

A. Unadjusted and adjusted task completion times

Participants spent an average of 21.0 minutes in the Qualtrics editor, versus 13.4 minutes with the CPQ editor, a ratio of 1.6 and a significant difference ($N=12, W=3, p<0.05$). Averaging across editors, the second task took 2.9 minutes longer than the first task, so the second task time was shifted upward by 2.9 minutes to compute the adjusted time for the second task of each participant. Using these adjusted task times, participants spent 22.5 minutes using Qualtrics and 14.9 minutes with the CPQ editor, again a significant difference ($N=12, W=1, p<0.05$).

B. Error rates

As shown in Table 1, participants on average made 10.4 errors with the Qualtrics editor, versus 0.3 errors with the CPQ editor, a ratio of 33. In other words, participants averaged slightly more than one error per person per question with the Qualtrics system. The difference relative to the CPQ editor was statistically significant ($N=10, W=0, p<0.05$).

The most common errors with the Qualtrics editor were validation errors (particularly forgetting to indicate when a question in the survey is required), and incorrect association of numeric values with multiple choice options. In contrast, with the CPQ editor, the participants only made the first of these errors once, in total, and never the second.

C. Quantitative usability ratings

Participants gave the Qualtrics editor an overall difficulty rating of 2.17 on a 0-4 scale, versus 1.08 for the CPQ editor. In particular, 42% of ratings for the Qualtrics editor were "Difficult" or "Very Difficult," versus 8% for the CPQ editor, a ratio of 5. No users rated the CPQ text-editing or survey-testing functionality as "Difficult" or "Very Difficult," and only one rated the skip-controlling as such.

VII. CONCLUSIONS AND FUTURE RESEARCH OPPORTUNITIES

TABLE I: DIFFERENCES BETWEEN QUALTRICS AND CPQ EDITOR, ON A PER-PARTICIPANT BASIS (* = SIGNIFICANT AT $p<0.05$)

	Qualtrics editor	CPQ editor
Task completion time (min)*	21.00	13.42
Adjusted time (min)*	22.46	14.88
Total number of errors*	10.42	0.33
Omitted items	0.17	0.00
Gross typographical errors	0.33	0.00
Incorrect question names	1.75	0.00
Incorrect input validation	3.50	0.08
Incorrect question type	0.92	0.25
Incorrect numeric values	3.67	0.00
Errors in display/skip logic	0.08	0.00
Overall difficulty rating	2.17	1.08
CPQ text-editing	N/A	0.25
CPQ skip-controlling	N/A	1.00
CPQ survey-testing	N/A	0.92

The system enables people with limited programming skill to create surveys with questions triggered by physical phenomena. It includes usability innovations aimed at (1) easing creation of questions through textual copy-paste and (2) helping users to specify complex cyberphysical question-triggering criteria with nested drop-down widgets.

For situations like the current project that involve copying questions out of a textual document, this new approach offers a means of reducing the time and error-proneness involved in creation of surveys. In other situations that do not require creating a text copy of the survey, the current approach may not be ideal. However, because of the importance of surveys in research [3], and because IRB regulations in the United States mandate a review of human subjects research (including surveys) in the university context, it is reasonable to expect that the current approach will prove beneficial in many situations.

Future work could explore avenues for alternative methods of incorporating text-based questions. For example, another potentially valid approach could be to create a tool that translates a Word document into a finished survey in JSON format. Parsing entire files is probably more challenging and error-prone than parsing single questions during copy-paste as in the current work. Other research could focus on increasing the flexibility of the text parser. As noted in Section IV.A, the text must have a given format to differentiate questions from choices. An improved parser could perhaps intelligently handle situations where the user's input slightly differs from the specified format.

ACKNOWLEDGEMENTS

Support was provided by the Integrated Health Sciences Core Facility, Community Outreach and Engagement Core and the Pilot Projects of the Environmental Health Sciences Center, at Oregon State University, and by the National Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health (grant P30ES000210). Any opinions, findings, and conclusions or recommendations expressed in this material are those of the authors and do not necessarily reflect the views of sponsors.

REFERENCES

- [1] Gravlee, C. (2002) Mobile computer-assisted personal interviewing with handheld computers: The EntryWare system 3.0. *Field Methods*, 14(3), 322-336.
- [2] Yu, P., De Courten, M., Pan, E., Galea, G., and Pryor, J. (2009) The development and evaluation of a PDA-based method for public health surveillance data collection in developing countries. *International Journal of Medical Informatics*, 78(8), 532-542
- [3] Couper, M. (2005) Technology trends in survey data collection. *Social Science Computer Review*, 23(4), 486-501.
- [4] Sampaio, D., Reis, L., and Rodrigues, R. (2012) A survey on ambient intelligence projects. *7th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [5] Galan-Jimenez, J., Gazo-Cervero, A., and Gonzalez-Sanchez, J. (2011) Exploiting the use of mobile technologies for chronic patients home distance monitoring. *6th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [6] Fernandes, B., Afonso, J., and Simoes, R. (2011) Vital signs monitoring and management using mobile devices. *6th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [7] D'Souza, M., Ros, M., and Postula, A. (2006) Wireless medical information system network for patient ECG monitoring. *Conf. Digital System Design Architectures*, 617-624.

- [8] Bianchi, V., Grossi, F., Matrella, G., Munari, I., and Ciampolini, P. (2008) A wireless sensor platform for assistive technology applications. *Conf. Digital System Design Architectures*, 809-816
- [9] Gaspar, J., et al. (2013) Health information system for obstetric and neonatal healthcare monitoring: SISMater. *8th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [10] Matias, B., Metrolho, J., and Ribeiro, F. (2015) Software development for medication administration record in clinics and small nursing homes—A case study. *10th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies (CISTI)*.
- [11] Rohlman, D., et al. (2015). A community-based approach to developing a mobile device for measuring ambient air exposure, spatial location and respiratory health. *Journal of Environmental Justice* 8, 4, 126-134.
- [12] Scaffidi, C., et al. (2015). Linking the physical with the perceptual: Health and exposure monitoring with cyber-physical questionnaires. *IEEE Conference on Digital System Design*.
- [13] Poikela, M., Schmidt, R., Wechsung, I., and Moller, S. (2015) FlashPolling privacy: The discrepancy of intention and action in location-based poll participation. *ACM Conf. Pervasive and Ubiquitous Computing and Wearable Computers*, 813-818.
- [14] Zapier: Unlock the hidden power of your apps. <https://zapier.com/learn/ultimate-guide-to-forms-and-surveys/best-survey-apps/>
- [15] Qualtrics: The World's Leading Research & Insights Platform, <http://www.qualtrics.com/>
- [16] SurveyMonkey: Free online survey software & questionnaire tool, <https://www.surveymonkey.com/>

Un eficiente intercambio de líder en el algoritmo Optimización de Migración de Aves en resolver el problema de Formación de Celdas Máquina-Parte

Efficient leader exchange for Migrating Birds Optimization when solving Machine-Part Cell Formation Problems

Ricardo Soto^{1,2,3}, Broderick Crawford^{1,4,5}, Boris Almonacid^{1*}

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

² Universidad Autónoma de Chile, Santiago, Chile

³ Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

⁴ Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

⁵ Universidad Central de Chile, Santiago, Chile

Resumen — El problema de formación de celdas maquina-parte (MPCF) consiste en organizar una planta de fabricación en un conjunto de celdas. Cada celda contiene determinadas máquinas que procesan un sub-conjunto de partes. En los años recientes diferentes tipos de metaheurísticas se han utilizado para resolver el problema de MPCF. Esta publicación se enfoca en resolver el problema de MPCF utilizando una metaheurística inspirada en las aves llamada algoritmo de optimización en la migración de aves (MBO). Se han realizado experimentos para 180 instancias de prueba utilizando 2 tipos de intercambio de líder en la bandada de pájaros. Los resultados obtenidos utilizando MBO son iguales o mejores que otros algoritmos reportados en la literatura.

Palabras Claves - *Problema de formación de celdas, Algoritmos inspirados en la naturaleza, Algoritmo de optimización de aves migratorias, Metaheurística.*

Abstract — The machine-part cell formation (MPCF) problem is to organize an assembly as a set of cells, where each cell contains certain machines that process a sub-set of parts. In recent years, different types of metaheuristics have been used to solve the problem of MPCF. This publication focuses on solving the MPCF problem using a metaheuristic inspired on birds, called Migrating Birds Optimization (MBO) algorithm. Experiments have been conducted to 180 test instances using 2 types of leader exchange in the flock of birds. The results obtained using MBO are equal to or better than other algorithms reported in the literature.

Keywords - *Cell formation problem, Nature-Inspired Optimization Algorithms, Migrating Birds Optimization, Metaheuristics.*

* Autor correspondiente boris.almonacid.g@mail.pucv.cl.
{ricardo.soto, broderick.crawford}@ucv.cl

I. INTRODUCCIÓN

El problema de formación de celdas para máquinas y partes (MPCF) [1] es un problema de optimización NP-Difícil. Es un clásico problema de optimización basado en tecnología de grupo [2]. El objetivo de MPCF es dividir una planta de manufactura en un grupo de celdas. Las celdas contienen máquinas que procesan una familia de partes con la finalidad de minimizar el movimiento inter-celdario de las partes.

Esta publicación se enfoca en resolver el problema MPCF. Para ello se ha utilizado un algoritmo inspirado en las aves llamado optimización de migración de aves [3] (MBO), el cual ha sido utilizado con éxito para resolver complejos problemas de optimización como: el diseño de circuito cerrado [4], transporte marítimo [5], el problema del vendedor viajero [6], problemas de planificación [7], planificación de horarios en la Universidad [8] y la problemática de detectar fraudes en tarjetas de crédito [9].

Este artículo está organizado de la siguiente forma: La sección II presenta el estado del arte. La sección III describe el problema MPCF. La sección IV explica la metaheurística MBO. La sección V presenta y discute los resultados experimentales utilizando los 2 tipos de intercambio de líder en la bandada de pájaros. Finalmente la sección VI, se presentan las conclusiones y se dan directrices para el trabajo futuro.

II. ESTADO DEL ARTE

Las investigación para MPCF se han enfocado en 2 principales enfoques: métodos exactos (satisfacibilidad booleana [10], programación lineal [11] y programación con restricciones [12]) y métodos aproximados (algoritmos genéticos [13] [14], optimización de enjambre de partículas [15], [16], optimización de colonias de hormigas [17], cardumen

artificial de peces [18], algoritmo del salto aleatorio de la rana [19] y algoritmo de enfriamiento simulado [20] [21]).

Los métodos exactos analizan el espacio de búsqueda en forma completa, con este procedimiento encuentran el óptimo global. Como resultado de esta operación, el costo computacional en términos de tiempo de cómputo y memoria usada es mucho mayor. En contraste, los métodos aproximados como las metaheurísticas se enfocan en encontrar una buena solución en una determinada cantidad de tiempo, pero no son capaces de garantizar el óptimo global. Esta investigación se enfocará en resolver el problema MPCF utilizando la metaheurística MBO [3] mediante el uso de 2 tipos de intercambio de líder, lo que para nuestro conocimiento no ha sido reportado aún.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema MPCF contempla una matriz inicial de incidencia A, en la cual las filas M representan las máquinas y las columnas P representan las partes (ver matriz 1). Mediante la matriz de incidencias resulta difícil distinguir la distribución ideal de los grupos de máquinas y partes. Por ello, el objetivo principal es la formación de un conjunto de máquinas y partes en celdas de tal manera que el número de viajes inter-celdarios se reduzca al mínimo. Para ello se utilizan 2 matrices auxiliares Z e Y (ver matrices 2) con la finalidad de realizar las combinaciones de los cambios inter-celdarios hasta poder encontrar la combinación óptima. Finalmente, mediante los valores de las matrices Z e Y, y la matriz A se determina una nueva matriz A' (ver matriz 3), en la cual se puede observar fácilmente las celdas de los grupos de máquinas y partes.

$$A = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 & P4 & P5 & P6 & P7 \\ \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \\ M4 \\ M5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

$$Y = \begin{matrix} & C1 & C2 \\ \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \\ M4 \\ M5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad Z = \begin{matrix} & P1 & P2 & P3 & P4 & P5 & P6 & P7 \\ \begin{matrix} M1 \\ M2 \\ M3 \\ M4 \\ M5 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (2)$$

$$A' = \begin{matrix} & P1 & P3 & P7 & P2 & P4 & P5 & P6 \\ \begin{matrix} M2 \\ M3 \\ M5 \\ M1 \\ M4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

La formulación matemática de MPCF se encuentra descrita por Boctor's [20], en el que el problema se representa por el siguiente modelo matemático:

Variables:

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Si la máquina } i \text{ pertenece a la celda } k. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases} \quad (4)$$

$$z_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{Si la parte } j \text{ pertenece a la celda } k. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases} \quad (5)$$

Parámetros e índices:

- a_{ij} : Una matriz de incidencia definida como:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si la parte } j \text{ visita a la máquina } i. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases}$$
- M : Número de máquinas.
- P : Número de partes.
- C : Número de celdas.
- Mmax : El número máximo de máquinas por celda.
- i : El índice de las máquinas ($i = 1, \dots, M$).
- j : El índice de las partes ($j = 1, \dots, P$).
- k : El índice de las celdas ($k = 1, \dots, C$).

Función objetivo:

$$\text{Minimizar } \sum_{k=1}^C \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^P a_{ij} z_{jk} (1 - y_{ik}) \quad (6)$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{k=1}^C y_{ik} = 1 \quad \forall i \quad (7)$$

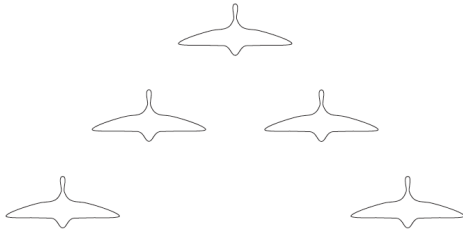
$$\sum_{k=1}^C z_{jk} = 1 \quad \forall j \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^M y_{ik} \leq M_{max} \quad \forall k \quad (9)$$

IV. ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN EN LA MIGRACIÓN DE AVES

La metaheurística de optimización en la migración de aves (MBO) [3] comienza con un número inicial de soluciones que corresponden a los pájaros dispuestos en una formación en V (ver figura 1). La población inicial esta compuesta por n factibles soluciones que se encuentran generadas de manera aleatoria en un espacio de búsqueda. Se escoge la primera solución como pájaro líder y se asignan soluciones alternadamente a cada lado de la bandada de pájaros. El líder trata de mejorar mediante soluciones vecinas. Si la mejor solución vecina trae una mejor solución, se sustituye la solución actual, en caso contrario, el líder se mantiene sin cambios. También existe un mecanismo de beneficio para los demás pájaros de la bandada, el cual consiste en compartir soluciones no utilizadas. Este mecanismo consiste en compartir las soluciones vecinas no utilizadas al próximo pájaro que sigue en la bandada (más alejado del líder). En otras palabras, una solución evalúa un número de sus propias soluciones vecinas y un número de vecinos de la solución anterior.

Posteriormente, la solución se reemplaza con la mejor solución vecina o la mejor solución compartida. Se realiza la mejora de soluciones mediante soluciones vecinas para cada pájaro en la bandada (excepto el líder). Posteriormente, este procedimiento se repite un número de veces m (tours) después de lo cual la solución líder se intercambia y otro pájaro de la bandada se convierte en el líder. Finalmente cuando el bucle se termina, se extrae la aptitud (fitness) del líder. El pseudocódigo de MBO se encuentra descrito en el algoritmo 1.



Formación en V de las aves en vuelo.

Algoritmo 1: Optimización de migración de pájaros

```

1 Realizar una formación en V con n soluciones
  iniciales aleatorias
2 i = 0
3 Mientras i < K hacer
4   Para j = 0 hasta j < m hacer
     Tratar de mejorar la solución líder mediante
     la generación y evaluación de k soluciones
     vecinas.
5     i = i + k
     Para cada solución s en la bandada (excepto
     el líder) hacer
6       Tratar de mejorar la solución s mediante
       la evaluación de (k - x) soluciones
       vecinas y con x soluciones vecinas no
       utilizadas por el líder;
7       i = i + (k - x)
8     fin
9   fin
10  fin
11  Realizar el reemplazo del líder de la bandada
12 fin
13 Retornar la mejor solución en la bandada

```

Para el intercambio del líder de la bandada, se han implementado 2 tipos de intercambio:

Intercambio de líder con el sucesor: consiste en intercambiar el líder con su sucesor, se realiza el intercambio alternadamente cada vez que se dispone de hacer un cambio, es decir, se intercambia el sucesor del lado derecho de la bandada, luego el izquierdo, luego el derecho, etc. El líder se añade al final del lado de la bandada que ha sido seleccionada con la mejor aptitud.

Intercambio de líder con el mejor: consiste en comparar la mejor aptitud de cada lado de la bandada con el líder, posteriormente se realiza el reemplazo del líder si la mejor

aptitud de un lado de la bandada es mejor que el líder y la mejor aptitud del lado contrario de la bandada. El líder se añade al final del lado de la bandada que ha sido seleccionada con la mejor aptitud. La bandada siempre se encuentra ordenada de la mejor solución a la peor solución, siendo el líder la mejor solución.

V. EXPERIMENTOS

El problema de MPCF fue implementado usando Java SE-1.8 (Java SE 8 1.8.0 40). Todas las pruebas se han realizado utilizando un computador MacBook Pro (Retina, 13-inch, Late 2013) con un procesador Intel Core i5 2.4 GHz, 4 GB RAM 1600 MHz DDR3 y una tarjeta de video Intel Iris 1536 MB ejecutando OS X Capitan versión 10.11.3. Se han probado 10 problemas para ambos intercambios de líder en la metaheurística MBO (considerando para cada problema $C = 2$ con $M_{max} = 8, 9, 10, 11$ y 12 ; $C = 3$ con $M_{max} = 6, 7, 8$ y 9 , dando un total de 180 instancias de prueba). Cada instancia de prueba fue ejecutada 31 veces. Los parámetros de la metaheurística MBO utilizados son $n = 11$, $k = 3$, $m = 10$, $x = 1$ y $K = 2591$. Finalmente, los datos de prueba se encuentran disponibles en [22].

La tabla I describe los resultados obtenidos en las 90 instancias de prueba. La tabla se encuentra dada por los siguientes atributos: La columna 1 (ID) es el identificador de cada instancia. La columna 2 (OPT) corresponde al mejor valor óptimo alcanzado por MBO. Las columnas 3 y 6 (AVG), 4 y 7 (Media), 5 y 8 (DS) corresponden al valor promedio, media y desviación estándar utilizando el cambio de líder con la mejor solución o intercambio con el sucesor en la bandada.

TABLE I. MBO - CAMBIO DEL LÍDER CON LA MEJOR SOLUCIÓN, Y CON EL SUCESOR

ID	OPT	MBO - Mejor solución			MBO - Con el sucesor		
		AVG	Media	DS	AVG	Media	DS
B01	11	11.1290	11	0.7184	11.0000	11	0.0000
B02	11	13.2903	11	5.8149	11.0000	11	0.0000
B03	11	11.8065	11	3.2804	11.0000	11	0.0000
B04	11	11.5806	11	1.6284	11.0000	11	0.0000
B05	11	11.7419	11	1.6526	11.0000	11	0.0000
B06	7	7.0645	7	0.2497	7.0000	7	0.0000
B07	6	6.4194	6	0.8475	6.0323	6	0.1796
B08	4	4.1935	4	0.6011	4.1935	4	0.6011
B09	3	3.0968	3	0.3005	3.1935	3	0.4016
B10	3	3.9355	3	2.5812	3.0000	3	0.0000
B11	4	4.0645	4	0.2497	4.0645	4	0.2497
B12	4	5.7742	4	3.8791	4.0000	4	0.0000
B13	4	5.3871	4	3.2319	4.0000	4	0.0000
B14	3	3.6774	3	2.0718	3.1613	3	0.3739
B15	1	1.5806	1	2.2026	1.1290	1	0.4995
B16	14	14.6774	14	3.5906	14.0000	14	0.0000
B17	13	14.4194	13	3.7485	13.0000	13	0.0000

ID	OPT	MBO - Mejor solución			MBO - Con el sucesor		
		AVG	Media	DS	AVG	Media	DS
B18	13	13.8387	13	3.1422	13.0000	13	0.0000
B19	13	13.1290	13	0.5623	13.0000	13	0.0000
B20	13	13.0323	13	0.1796	13.0000	13	0.0000
B21	9	9.1935	9	0.4774	9.2258	9	0.4250
B22	6	6.1935	6	0.7492	6.0645	6	0.2497
B23	6	6.4839	6	0.9957	6.0645	6	0.2497
B24	5	5.3226	5	0.7478	5.3548	5	0.7094
B25	4	4.4839	4	0.7244	4.2903	4	0.6426
B26	5	5.3226	5	1.0128	5.0000	5	0.0000
B27	3	4.2581	3	3.8120	3.0645	3	0.2497
B28	3	4.0968	3	3.5436	3.2258	3	0.4973
B29	3	3.2581	3	0.9650	3.0645	3	0.2497
B30	2	2.8387	3	1.1575	2.5161	3	0.5080
B31	7	7.0000	7	0.0000	7.0000	7	0.0000
B32	4	4.4839	4	1.1216	4.0968	4	0.5388
B33	4	4.5806	4	1.7083	4.0000	4	0.0000
B34	4	6.4839	4	5.4337	4.3871	4	0.8032
B35	4	4.3548	4	1.0503	4.3226	4	0.7478
B36	13	13.0323	13	0.1796	13.0000	13	0.0000
B37	10	10.1935	10	0.6011	10.3226	10	0.7478
B38	8	8.0968	8	0.3005	8.0000	8	0.0000
B39	5	6.2258	5	3.3932	5.0000	5	0.0000
B40	5	5.8387	5	2.6845	5.0000	5	0.0000
B41	8	8.3226	8	1.2487	8.4839	8	1.5027
B42	8	10.6129	8	5.7659	8.0000	8	0.0000
B43	8	9.0000	8	4.3589	8.0000	8	0.0000
B44	5	6.8387	5	4.7756	5.4839	5	1.1216
B45	5	5.8710	5	1.9277	5.9677	5	1.4256
B46	8	8.2258	8	0.9205	8.0645	8	0.2497
B47	5	5.3871	5	1.2826	5.0968	5	0.5388
B48	5	5.1290	5	0.4995	5.0000	5	0.0000
B49	5	5.5484	5	1.1787	5.0000	5	0.0000
B50	5	5.1290	5	0.5623	5.0000	5	0.0000
B51	27	28.3226	28	1.2487	28.5484	29	1.1500
B52	18	19.1290	19	1.0565	19.2258	19	1.3344
B53	11	11.9677	11	2.4831	11.0000	11	0.0000
B54	11	12.1613	11	3.8392	11.0000	11	0.0000
B55	7	7.4194	7	1.7469	7.2581	7	0.9989
B56	6	6.7742	6	2.7044	6.0000	6	0.0000
B57	6	7.1935	6	3.1877	6.2581	6	0.5143

ID	OPT	MBO - Mejor solución			MBO - Con el sucesor		
		AVG	Media	DS	AVG	Media	DS
B58	6	6.4194	6	1.1188	6.0968	6	0.3005
B59	9	9.7742	9	1.1750	9.7097	9	1.1312
B60	4	6.3226	4	2.5611	5.9032	4	2.3573
B61	4	4.7419	4	1.2102	4.6774	4	1.1369
B62	4	4.6129	4	1.2826	4.6452	4	1.2793
B63	27	27.3548	27	0.5507	27.2903	27	0.5287
B64	18	18.2258	18	0.4250	18.3871	18	0.7606
B65	14	14.3226	14	0.4752	14.2903	14	0.4614
B66	13	13.3548	13	0.8774	13.0000	13	0.0000
B67	11	11.5161	11	1.2615	11.1290	11	0.3408
B68	8	9.1935	8	2.1201	8.3226	8	0.4752
B69	8	9.4194	9	1.5005	9.0645	9	1.1814
B70	6	7.2258	7	1.4767	7.6129	7	1.2826
B71	6	6.7742	6	1.5429	6.7097	6	1.1013
B72	4	4.7419	4	0.8551	4.7097	4	0.8638
B73	4	5.8387	5	2.3537	5.1290	5	1.0244
B74	3	4.4194	4	1.6887	4.1290	4	0.8059
B75	11	12.6452	13	1.3051	12.0000	11	1.2383
B76	5	6.4194	5	2.5920	5.7419	5	1.0318
B77	5	6.1613	5	1.4398	6.1935	7	1.1378
B78	4	6.1290	5	2.4323	4.8710	4	1.2313
B79	14	14.0645	14	0.2497	14.0000	14	0.0000
B80	11	11.3226	11	1.0128	11.0000	11	0.0000
B81	11	12.2903	11	1.7165	11.8387	11	1.2935
B82	10	11.4516	12	1.2066	11.5484	12	1.7858
B83	12	13.8710	12	2.7778	12.8710	12	2.0452
B84	12	12.7742	12	1.3344	12.5484	12	0.9605
B85	8	10.2903	9	2.0848	9.5806	9	1.7469
B86	8	9.2903	8	2.1007	8.3871	8	1.6264
B87	10	11.1613	10	1.6950	10.7419	10	1.0318
B88	8	8.3226	8	1.1369	8.0000	8	0.0000
B89	8	8.6774	8	1.4233	8.3226	8	0.7911
B90	5	7.9032	8	2.3714	6.2581	5	1.5048
AVG		8.7294	8.0556	1.7704	8.2430	8.0222	0.5580

La tabla II describe los resultados obtenidos de las 90 instancias de prueba. La descripción de la tabla se encuentra dada a continuación: La columna 1 (ID) es el identificador asignado a cada instancia. La columna 2 (Boctor) describe el óptimo global reportado por Boctor [20]. La columna 3 (MBO-M) y 4 (MBO-S) corresponde al mejor valor óptimo alcanzado por MBO utilizando el cambio de líder con la mejor solución en la bandada y con el sucesor respectivamente. La columna 5

(AFSA), 6 (SFLA), 7 (SA) y 8 (PSO) representan los valores óptimos alcanzados por la metaheurística artificial de enjambre de peces [18], algoritmo del salto aleatorio de la rana [19], algoritmo de enfriamiento simulado [20] [21] y algoritmo optimización de enjambre de partículas [15] [16] respectivamente.

TABLE II. DESEMPEÑO DE MBO COMPARADO CON OTRAS METAHEURÍSTICAS

ID	Boctor	MBO-M	MBO-S	AFSA	SFLA	SA	PSO
B01	11	11	11	11	11	11	11
B02	11	11	11	11	11	11	11
B03	11	11	11	11	11	11	11
B04	11	11	11	11	11	11	11
B05	11	11	11	11	11	11	11
B06	7	7	7	7	7	7	7
B07	6	6	6	6	6	6	6
B08	4	4	4	4	4	10	5
B09	3	3	3	3	3	4	4
B10	3	3	3	3	3	3	4
B11	4	4	4	4	4	5	5
B12	4	4	4	4	4	4	4
B13	4	4	4	4	4	4	5
B14	3	3	3	3	3	4	4
B15	1	1	1	1	1	4	3
B16	14	14	14	14	14	14	15
B17	13	13	13	13	13	13	13
B18	13	13	13	13	13	13	13
B19	13	13	13	13	13	13	13
B20	13	13	13	13	13	13	13
B21	9	9	9	9	9	9	10
B22	6	6	6	6	6	6	8
B23	6	6	6	6	6	6	6
B24	5	5	5	5	5	7	5
B25	4	4	4	4	4	4	5
B26	5	5	5	5	5	5	5
B27	3	3	3	3	3	3	3
B28	3	3	3	3	3	5	3
B29	3	3	3	3	3	3	4
B30	2	2	2	2	2	3	4
B31	7	7	7	7	7	7	7
B32	4	4	4	4	4	4	5
B33	4	4	4	4	4	4	5
B34	4	4	4	4	4	4	5
B35	4	4	4	4	4	4	5

ID	Boctor	MBO-M	MBO-S	AFSA	SFLA	SA	PSO
B36	13	13	13	13	13	13	14
B37	10	10	10	10	10	20	11
B38	8	8	8	8	8	15	10
B39	5	5	5	5	5	11	6
B40	5	5	5	5	5	7	6
B41	8	8	8	8	8	13	9
B42	8	8	8	8	8	8	8
B43	8	8	8	8	8	8	8
B44	5	5	5	5	5	8	5
B45	5	5	5	5	5	8	8
B46	8	8	8	8	8	8	9
B47	5	5	5	5	5	5	8
B48	5	5	5	5	5	5	7
B49	5	5	5	5	5	5	7
B50	5	5	5	5	5	5	6
B51	27	27	27	27	27	28	-
B52	18	18	18	18	18	18	-
B53	11	11	11	11	11	11	-
B54	11	11	11	11	11	11	-
B55	7	7	7	7	7	7	-
B56	6	6	6	6	6	6	-
B57	6	6	6	6	6	7	-
B58	6	6	6	6	6	6	-
B59	9	9	9	9	9	12	-
B60	4	4	4	4	4	8	-
B61	4	4	4	4	4	8	-
B62	4	4	4	4	4	4	-
B63	27	27	27	27	27	27	-
B64	18	18	18	18	18	18	-
B65	14	14	14	14	14	14	-
B66	13	13	13	13	13	13	-
B67	11	11	11	11	11	11	-
B68	8	8	8	8	8	9	-
B69	8	8	8	8	8	9	-
B70	6	6	6	6	6	8	-
B71	6	6	6	6	6	8	-
B72	4	4	4	4	4	5	-
B73	4	4	4	4	4	5	-
B74	3	3	3	3	3	4	-
B75	11	11	11	11	11	11	-
B76	5	5	5	5	5	5	-

ID	Bector	MBO-M	MBO-S	AFSA	SFLA	SA	PSO
B77	5	5	5	5	5	5	-
B78	4	4	4	4	4	5	-
B79	14	14	14	14	14	14	-
B80	11	11	11	11	11	11	-
B81	11	11	11	11	11	11	-
B82	10	10	10	10	10	10	-
B83	12	12	12	12	12	12	-
B84	12	12	12	12	12	12	-
B85	8	8	8	8	8	13	-
B86	8	8	8	8	8	8	-
B87	10	10	10	10	10	12	-
B88	8	8	8	8	8	14	-
B89	8	8	8	8	8	8	-
B90	5	5	5	5	5	8	-

En términos generales, la metaheurística MBO para la resolución de MPCF alcanza los el óptimo global en las 90 instancias de prueba (RPD% = 0.00), esto tanto para el método de intercambio de líder con el mejor pájaro de la bandada (ver tabla I), como el intercambio de líder con el sucesor (ver tabla II). Comparativamente los resultados utilizando MBO con otras metaheurísticas como AFSA, SFLA, SA y PSO nos permite reforzar la idea de que utilizar MBO es una buena alternativa para resolver MPCF (ver tabla II).

Comparativamente entre las dos pruebas realizadas de intercambio de líder en la metaheurística MBO (ver tabla I), tenemos que el promedio de la desviación estándar, para las 90 instancias de prueba con el intercambio de líder con la mejor solución es de 1.7704, versus la desviación estándar con el intercambio de líder con el sucesor es de 0.5580.

Señalando de esta forma que el segundo método (intercambio de líder con el sucesor) es más estable en poder encontrar un óptimo global para las 31 ejecuciones realizadas en cada una de las 90 instancias de prueba. Este método contempla un punto de diversificación al realizar un cambio con el sucesor, el cual puede o no ser una mejor solución (ver figuras 2, 3 y 4), pero de esta forma ayuda durante la ejecución de la metaheurística MBO a salir de posibles óptimos locales.

Sin embargo, el intercambio de líder con el mejor en términos de convergencia tiende a ser más estable, es decir, no realiza un intercambio de líder con una peor solución en ninguna iteración (ver figuras 2, 3 y 4). Inclusive logra alcanzar el óptimo global con una cantidad menor de interacciones en relación con el intercambio de líder con el sucesor (ver figuras 2 y 3). Se puede inducir que este método conlleva a una búsqueda de soluciones mediante intensificación, adicionalmente este método puede en algún punto de su ejecución quedarse atrapado en óptimos locales (ver figura 4) durante algunas iteraciones antes de lograr salir del óptimo local.

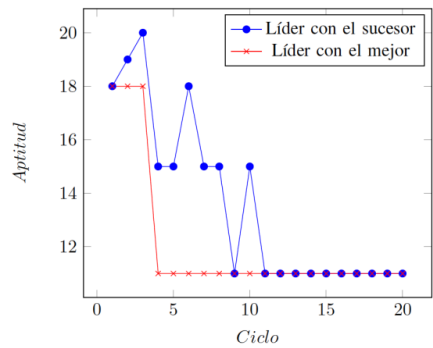


Figura 1. Instancia B01 con 2 celdas y Mmax 8 - Ejecución 1

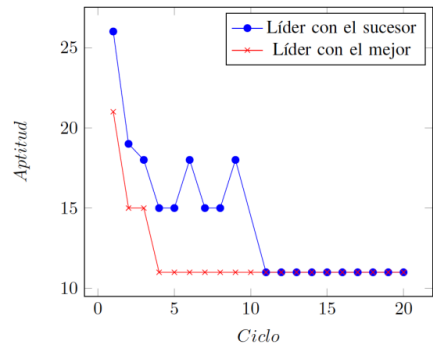


Figura 2. Instancia B01 con 2 celdas y Mmax 8 - Ejecución 2

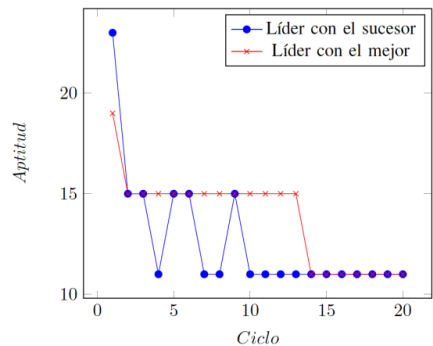


Figura 3. Instancia B01 con 2 celdas y Mmax 8 - Ejecución 3

VI. CONCLUSIONES

Se ha modelado y resuelto el problema de MPCF utilizando MBO. Los resultados demuestran que el algoritmo propuesto puede alcanzar todos los valores óptimos. Además, se han utilizado 2 métodos de intercambio de líder, en el que se han logrado positivos resultados en alcanzar valores óptimos. Ambos métodos utilizados en MBO con sus ventajas y desventajas logran llegar al óptimo global para todas las

instancias de prueba, un intercambio de líder alternando ambos métodos puede ser un buen punto a seguir. En términos comparativos de MBO con otras metaheurísticas indican que MBO es igual o mejor que otros algoritmos reportados. Como trabajo futuro el algoritmo puede ser aplicado a una variedad de problemas más grandes, como también aplicarlo en la resolución de otros problemas de optimización. Finalmente, realizar una combinación híbrida utilizando programación con restricciones [12] puede ser una interesante dirección a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Boris Almonacid se encuentra apoyado por la Beca de Postgrado de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 2015 (Beca INF-PUCV 2015). Ricardo Soto apoyado por CONICYT / FONDECYT / INICIACION / 11130459. Broderick Crawford apoyado por CONICYT / FONDECYT / REGULAR / 1140897.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Kumar and M. P. Chandrasekharan, "Grouping efficacy: a quantitative criterion for goodness of block diagonal forms of binary matrices in group technology," *International Journal of Production Research*, vol. 28, no. 2, pp. 233–243, 1990.
- [2] C. Mosier and L. Taube, "The facets of group technology and their impacts on implementation—a state-of-the-art survey," *Omega*, vol. 13, no. 5, pp. 381–391, 1985.
- [3] E. Duman, M. Uysal, and A. F. Alkaya, "Migrating birds optimization: A new metaheuristic approach and its performance on quadratic assignment problem," *Information Sciences*, vol. 217, pp. 65–77, 2012.
- [4] S. Niroomand, A. Hadi-Vencheh, R. S. Ahin, and B. Vizvari, "Modified migrating birds optimization algorithm for closed loop layout with exact distances in flexible manufacturing systems," *Expert Systems with Applications*, 2015.
- [5] E. Lalla-Ruiz, C. Expósito-Izquierdo, J. de Armas, B. Melián-Batista, and J. M. Moreno-Vega, "Migrating birds optimization for the seaside problems at maritime container terminals."
- [6] V. Tongur and E. U. Iker, "The analysis of migrating birds optimization algorithm with neighborhood operator on traveling salesman problem," in *Intelligent and Evolutionary Systems*. Springer, 2016, pp. 227–237.
- [7] K. Gao, P. Suganthan, and T. Chua, "An enhanced migrating birds optimization algorithm for no-wait flow shop scheduling problem," in *Computational Intelligence in Scheduling (SCIS)*, 2013 IEEE Symposium on. IEEE, 2013, pp. 9–13.
- [8] L. W. Shen, H. Asmuni, and F. C. Weng, "A modified migrating bird optimization for university course timetabling problem," *Jurnal Teknologi*, vol. 72, no. 1, 2014.
- [9] E. Duman and I. Elikuek, "Solving credit card fraud detection problem by the new metaheuristics migrating birds optimization," in *Advances in Computational Intelligence*. Springer, 2013, pp. 62–71.
- [10] R. Soto, H. Kjellerstrand, O. Dur'an, B. Crawford, E. Monfroy, and F. Paredes, "Cell formation in group technology using constraint programming and boolean satisfiability," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 13, pp. 11 423–11 427, 2012.
- [11] G. F. Purcheck, "A linear-programming method for the combinatorial grouping of an incomplete power set," 1975.
- [12] R. Soto, H. Kjellerstrand, J. Gutiérrez, A. López, B. Crawford, and E. Monfroy, "Solving manufacturing cell design problems using constraint programming," in *Advanced Research in Applied Artificial Intelligence*. Springer, 2012, pp. 400–406.
- [13] V. Venugopal and T. Narendran, "A genetic algorithm approach to the machine-component grouping problem with multiple objectives," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 22, no. 4, pp. 469–480, 1992.
- [14] J. A. Joines, M. G. Kay, R. E. King, and C. Thomas Culbreth, "A hybrid genetic algorithm for manufacturing cell design," *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, vol. 17, no. 5, pp. 549–564, 2000.
- [15] O. Durán, N. Rodríguez, and L. A. Consalter, "Collaborative particle swarm optimization with a data mining technique for manufacturing cell design," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, no. 2, pp. 1563 – 1567, 2010.
- [16] O. Durán, N. Rodríguez, and L. A. Consalter, "Hybridization of pso and a discrete position update scheme techniques for manufacturing cell design," in *MICAI 2008: Advances in Artificial Intelligence*. Springer, 2008, pp. 503–512.
- [17] X. Li, M. Baki, and Y. P. Aneja, "An ant colony optimization metaheuristic for machine-part cell formation problems," *Computers & Operations Research*, vol. 37, no. 12, pp. 2071–2081, 2010.
- [18] R. Soto, B. Crawford, E. Vega, and F. Paredes, "Solving manufacturing cell design problems using an artificial fish swarm algorithm," in *Advances in Artificial Intelligence and Soft Computing*. Springer, 2015, pp. 282–290.
- [19] R. Soto, B. Crawford, E. Vega, F. Johnson, and F. Paredes, "Solving manufacturing cell design problems using a shuffled frog leaping algorithm," in *The 1st International Conference on Advanced Intelligent System and Informatics (AISII2015)*, November 28-30, 2015, Beni Suef, Egypt. Springer, 2016, pp. 253–261.
- [20] F. Boctor, "A linear formulation of the machine-part cell formation problem," *International Journal Production Research*, vol. 29, no. 2, pp. 343–356, 1991.
- [21] T.-H. Wu, C.-C. Chang, and S.-H. Chung, "A simulated annealing algorithm for manufacturing cell formation problems," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, no. 3, pp. 1609–1617, 2008.
- [22] B. Almonacid, *Machine-Part Cell Formation Problems*, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, 2016. [Online]. Available: <http://www.inf.ucv.cl/~balmonacid/MPCFP/CISTI2016-MBO>

Análise dos Relacionamentos em um Ecossistema de Software no Contexto Público

Apontamentos sobre o ECOS Projudi

Relationships Analysis in a Software Ecosystem in the Public Context

Notes on the ECOS Projudi

Rebeca Teodoro da Silva, Luiz Gustavo Ferreira Aguiar

Tribunal de Justiça do Paraná
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio - Brasil
{rebeca.teodoro, gustavo.bytes}@gmail.com

Elias Canhadas Genvigir
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio - Brasil
{elias}@utfpr.edu.br

Resumo — O desenvolvimento de Ecossistemas de Software (ECOS) envolve vários atores externos e é composto por sistemas e subsistemas de negócio que se interagem em um nicho específico do mercado. O objetivo desta pesquisa é compreender os fatores que estão envolvidos com as interligações de sistemas e subsistemas em um Ecossistema de Software no contexto público. Dentro deste contexto, por meio de entrevistas e análise de documentos foi identificado um conjunto de fatores relevantes, que auxiliaram descrever os diferentes tipos de relacionamentos encontrado em um Ecossistemas de Software social no contexto público real.

Palavras Chave – *Ecossistema de Software; Software Público; Relacionamentos.*

Abstract — Software Development Ecosystems (ECOS) involves several external factors and consists of systems and business subsystems that interact in a specific market niche. The objective of this research is to understand the factors that are involved with the interconnection of systems and subsystems into a Software Ecosystem in the public context. In this context, through interviews and document analysis identified a number of important factors that helped to describe the differences relationships found in a social Software Ecosystem in real public context.

Keywords - *Software ecosystem; Public Software; Relationships.*

I. INTRODUÇÃO

A estratégia tradicional de desenvolver um produto de software único tem sido substituída pelo desenvolvimento de múltiplos produtos e funcionalidades, criados a partir de uma plataforma em comum [1]. Um ecossistema de software (ECOS) pode ser definido como um conjunto de atores funcionando como uma unidade que interage com um mercado distribuído entre software e serviços, juntamente com as

relações entre eles, frequentemente apoiadas por uma plataforma tecnológica ou por um mercado comum, operando através da troca de informações, recursos e artefatos [2].

Uma gestão eficiente do conhecimento compartilhado em um ecossistema permanece um grande desafio, porque este é um campo relativamente novo [3]. A intensidade da interação entre atores e artefatos no ECOS leva à fusão das redes sociais e das redes técnicas, resultando em uma rede socio-técnica, que abrange elementos e associações de ambas as redes [4].

Assim, a motivação desta pesquisa é compreender e identificar as características dos ecossistemas de software sociais que estão presentes nos relacionamentos de compartilhamento de informações em ecossistemas do contexto público.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo apresentar os relacionamentos existentes em um ECOS social, tendo como caso de estudo o sistema de apoio as atividades do Tribunal de Justiça do Paraná (TJPR), denominado sistema Projudi, como um exemplo de ECOS social no contexto do serviço público. Para tanto utilizou-se a abordagem SocialSECO [4], que tem como objetivo a organização dos elementos de ECOS em uma rede socio-técnica para apoiar a sua modelagem e análise [6].

Este trabalho insere-se no contexto da análise da dimensão social do ECOS Projudi no TJPR explorando a complexa rede de elementos transacionais, técnicos e sociais existentes neste ECOS[5].

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta a fundamentação teórica no qual a pesquisa está inserida; a seção 3 a abordagem SocialSECO; a seção 4 apresenta a análise do ECOSs Projudi como um ECOS social no contexto público baseado na abordagem SocialSECO; na

seção 5 é apresentado a validação; e na seção 6 é apresentado a conclusão deste artigo e a situação atual da pesquisa.

II. TIPOS E CARACTERÍSTICAS EM ECOS

A. Características baseadas na transação

Em um Ecossistema de Software, organizações atuam numa dinâmica de cooperação e competição para desenvolver novos produtos, atender as demandas do mercado e incorporar novos ciclos de inovação [7]. Tais ecossistemas podem ser classificados, baseados nas características da transação, em comerciais ou sociais [8].

Em um ecossistema comercial, os atores são os negócios, fornecedores e clientes; os fatores são os bens e serviços; e as transações incluem não apenas transações financeiras, mas também compartilhamento de conhecimento e informação, investigação, contratos pré e pós-vendas etc. [9]. Assim, se o ecossistema for comercial, isto é, possuir transações com características comerciais, tal modelo é dividido em quatro fases sendo elas: 1) o estabelecimento de um relacionamento de mercado com uma empresa dominante; 2) o surgimento de uma rede preliminar; 3) a diminuição do poder da empresa dominante e o estímulo das comunidades e, 4) a manutenção de uma comunidade de criação do ECOS [2].

Já um ecossistema social consiste em usuários, seus relacionamentos e trocas de informação entre eles[10]. Se a transação possuir características sociais, o ciclo de vida pode ser analisado em quatro fases [1]: i) iniciação – envolve a criação de elementos iniciais de caráter social; ii) propagação – é caracterizada pela adesão de novos atores e artefatos e a diminuição do poder do orquestrador; iii) automação – onde há um certo grau de coordenação entre as atividades de diferentes unidades administrativas; iv) amplificação – apresentação de uma estrutura auto-organizável e manutenção de uma comunidade calcada na rede de atores e de artefatos de um dado ECOS, onde não existe nenhum orquestrador dominante e o poder é distribuído; e por fim 5) terminação – encerramento do serviço ou substituição deste por outro. A figura 1 apresenta quatro destas cinco fases expostas.

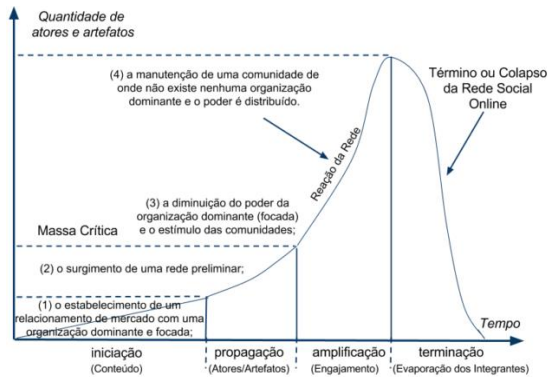


Figura 1. Relação entre o uso de rede social em ECOS e seu ciclo de vida[6]

Segundo [4] na iniciação, por ser um momento de aumentar as conexões de um ator e permitir que ele encontre atores e

artefatos no ECOS, os mecanismos de sugestão e de busca apoiam a formação da rede, culminando sua ação na fase de propagação. Nesta fase, os mecanismos de sugestão, busca, comunicação e socialização passam a ser responsáveis pelo crescimento da rede e, conseqüentemente, do ECOS. Na fase de amplificação, os mecanismos de socialização, comunicação e pontuação influenciam na formação de grupos, na troca de informações entre atores e na popularidade de artefatos pela própria comunidade (e.g., por meio do sistema de pontuação, que pode inserir ativos nas atualizações da rede), diminuindo o poder da organização dominante.

Ao verificar as características gerais existentes em um ECOS social observa-se a variedade de itens que podem estar presentes nesse tipo de ambiente como os diferentes tipos de usuários e seus relacionamentos.

III. MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DOS RELACIONAMENTOS

Tendo como um caso de estudo um ECOS real e com diversos atores envolvidos, a escolha em abordar inicialmente as dimensões técnica e social serve para delimitar o objeto de estudo. Além disso, grande parte dos relacionamentos presentes neste ECOS não apresentam a reutilização de ativos e sim a troca de artefatos entre os atores. O mercado de negócio no qual está inserido expressa-se peculiarmente no contexto público, assim algumas características da área privada não estão presentes diretamente, como por exemplo: portfólio, licenças e vendas.

Em [11], é apresentado a abordagem SECOGov, no qual tem como referência a organização consumidora, que permite à organização se localizar no mercado. Esta abordagem é muito ampla e grande parte dos dados necessários não são de fácil acesso.

Já o framework Brechó-EcoSys tem o objetivo de mapear mecanismos fundamentais e avançados para um processo de tomada de decisão a um ambiente de mercado que explore o conceito de ativos reutilizáveis. Representa um ambiente de apoio à gestão de reutilização de software baseado em valor em quatro dimensões: transacional, técnica, social e engenharia e gerenciamento[11].

Assim, para realizar a identificação dos diferentes tipos de elementos relacionais existentes no ECOS social PROJUDI foi estabelecido a abordagem SocialSECO [4]. O objetivo desta abordagem é organizar os elementos de ECOS em uma rede socio-técnica para apoiar a sua visualização e análise. As redes socio-técnicas abrangem atores, artefatos e relacionamentos, existentes e recém-criados, para atender as exigências emergentes da promoção dos artefatos ao nível de atores dos ECOS[4].

A abordagem SocialSECO consiste da caracterização da estrutura do ECOS, ou seja, dos elementos e relações que o compõem, além de recursos de ECOS e um ferramental que instancia as funcionalidades e composição de elementos técnicos e sociais identificadas. Cujas finalidades é tornar a compreensão de um ECOS mais dinâmica e fornecer uma melhor estrutura para atores e ativos de ECOS[6]. A figura 2 apresenta a disposição dos componentes apresentados pela abordagem SocialSECO.



Figura 2. Disposição de Componentes na abordagem SocialSECO [4].

Entre os seus elementos, incluem-se: mecanismos sociais, novos papéis, ativos de ECOS, métodos de análise (i.e., manipulação de grafos de rede), mineração de dados e uso de inteligência coletiva[6].

Em [4] é apresentado a tabela 1 que mostra a relação entre recursos e os elementos relacionados a bibliotecas de ativos de software, que visam apoiar as plataformas de ECOSs no contexto da abordagem SocialSECO, baseado na definição de novas interações e recursos de [3].

TABELA 1. RELACIONAMENTOS ENTRE ELEMENTOS DO ECOS TRATADOS PELA SOCIALSECO[4]

Relação	Definição	SocialSECO
Possuído por	Um artefato é possuído por um ator se este for o criador da descrição do artefato. Este pode ainda ser possuído por vários atores, e.g., caso em que um artefato pertence a uma equipe.	Todo ativo tem um Produtor ou Fornecedor e é possuído pelo ator com este papel.
Depende de	Um artefato pode depender de outro, por ser um componente, ou ter sido indicado pelo proprietário como tal.	Dependência entre necessidades, artefatos e/ou entre ambos.
Interessado em	Quando a relação de interesse se estabelece, o interessado indica a pretensão de receber atualizações sobre o ator/artefato.	Recomendações baseadas nas categorias de interesse do ator, nas quais os artefatos são cadastrados.
Membro de	Ser membro de uma comunidade.	O ator pode ser membro de um grupo.
Comunica com	Troca de mensagens entre os participantes, incluindo artefatos.	Mensagem, fórum, atualizações.
Gerenciado por	Cada artefato é gerenciado por um único ator, responsável pelo fornecimento e manutenção das informações do artefato	Gerenciado por quem tem os privilégios de administrador do ativo.
Armazenado em	O site da rede social não armazena o artefato, este estará em um repositório externo, identificado nesse relacionamento.	O ativo fica armazenado na base de dados da biblioteca de ativo de ECOS.
Originado por	Relaciona a necessidade que gerou a criação de determinado artefato, mantendo a rastreabilidade	Cadastrar demandas nos artefatos, que podem dar origem a requisitos de software

	entre demandas e soluções no ECOS.	e de sistemas.
--	------------------------------------	----------------

Segundo [3] existem quatro possíveis interações em uma rede social e são apresentadas na tabela 2.

TABELA 2. TIPOS DE INTERAÇÕES EM ECOS, ESTENDIDO DE [3] COM ALGUNS EXEMPLOS NA SOCIALSECO[4]

Tipo de Interação	Descrição	SocialSECO
Ator → Ator	Atores podem se comunicar por meio de mensagens, grupos, entre outros.	Mensagens, Grupos, Negociação
Ator → Artefato	Incluir informações no artefato, classificação, comentários	Informação da página do ativo, Avaliação, Negociação
Artefato → Ator	Notificações geradas por alguma mudança no artefato como as informações visíveis de um repositório de controle de versão.	Atualizações
Artefato → Artefato	Relacionada à dependência entre artefatos.	Dependência entre ativos e informações de sua origem

IV. ANÁLISE DO ECOS PROJUDI BASEADO NO SOCIALSECO

No Brasil, após a criação da Lei 11.419/2006, que dispõe sobre a informatização do processo judicial, alguns softwares emergiram para suprir esta necessidade, dentre eles o sistema Projudi, que é um software de tramitação de processos judiciais e que atualmente está presente na maioria dos tribunais de justiça dos estados brasileiros. Assim, neste cenário, este estudo identificou as características de Ecosystemas de Software presentes em um software público real. Para a realização esta análise exploratória, foram seguidas as seguintes etapas:

1. Análise geral do sistema Projudi

- a. Entrevistas pelo sistema interno de comunicação do Tribunal de Justiça do Paraná, sistema Lync, com perguntas relacionadas à implantação do sistema, aos atores envolvidos e sistemas e subsistemas que se relacionam com o sistema Projudi;

2. Revisão geral

- a. Revisão das características de relacionamentos relacionados as características de ECOS:
 - i. Elementos e Mecanismos Sociais;
 - ii. Interações e Relacionamentos.

3. Revisão dos resultados

- a. Compilação;
- b. Validação por meio de avaliação de pesquisadores artigo.

A. Elementos e Mecanismos Sociais

A tabela 3 mostra sete tipos de mecanismos sociais (socialização, pontuação, sugestão, busca, comunicação, mineração de dados e representação em grafos) definidos pela

abordagem abordagem SocialSECO apresentada por [4]. A Socialização consiste em um conjunto de práticas e ferramentas disponibilizadas para os usuários interagirem de forma mais fácil e dinâmica em um ECOS. A Pontuação visa estabelecer critérios para avaliar os atores (em seus respectivos papéis) e artefatos. A Sugestão envolve indicar ativos de ECOS que possam interessar a determinados papéis com base no perfil do ator. A Busca visa refinar a informação específica que um ator, com determinado papel, tem interesse no ECOS. A Comunicação tem por objetivo estimular a troca de mensagens. A Mineração de Dados utiliza algoritmos de inteligência coletiva para identificar ativos e discussões populares. A Representação em Grafos busca reproduzir a rede sócio-técnica ao aplicar a Teoria dos Grafos para modelagem de rede em ECOS[4].

Optou-se por não apresentar todos os mecanismos sociais, devido a falta de informações relativas à prática de Mineração de Dados e Representação em Grafos no ECOS Projudi. Assim, a primeira coluna da tabela 3 foi proposta por [4], a segunda coluna é um mapeamento com um ECOS real no contexto público, o ECOS Projudi.

TABELA 3. MECANISMOS SOCIAIS PRESENTES NO ECOS PROJUDI

<i>Mecanismo Social</i>	<i>ECOS Projudi</i>
Socialização	No ECOS Projudi, dado ao seu contexto público, o mecanismo de socialização favorece ao crescimento, porém não é dependente dele, visto que o crescimento de um ECOS no contexto público é impulsionado pelo órgão no qual ele está inserido, e não pela sociedade em geral.
Pontuação	Tendo em vista ao seu contexto público, o ECOS Projudi não estabelece critérios para avaliação de atores. Grande parte dos atores pertencentes ao ECOSs são representados por instituições e estabelecidos em leis, diretrizes e resoluções.
Sugestão	O mecanismo de sugestão difere do usualmente utilizado, no ECOS Projudi há determinações.
Busca	Existem diversos mecanismos de buscas no ECOS Projudi, desde em relatórios até a busca de um processo para verificação de trâmite processual.
Comunicação	Esse mecanismo no ECOS Projudi é apresentado por meio de troca de ofícios entre as instituições envolvidas.

Os mecanismos sociais presentes no ECOS Projudi são baseadas no contexto de negócio, o jurídico. Portanto, as instituições envolvidas com o poder jurídico são as responsáveis pela socialização, pontuação, busca e comunicação.

Tendo em vista o seu contexto público, a socialização no ECOS Projudi é determinada pela própria instituição. A instituição é responsável pelo conjunto de práticas e ferramentas fornecidas para os atores. Assim, o crescimento do ECOS no contexto público é impulsionado pelo próprio órgão e não pela sociedade.

Com relação a pontuação definida em [4], que visa estabelecer critérios para avaliar os atores e artefatos e que podem ser apresentados na forma de ranking, não se apresentam desta forma no ECOS Projudi, dado ao seu contexto público. A pontuação neste cenário se apresenta na forma hierárquica das instituições, estabelecidos normalmente por lei. Por exemplo, no ECOS Projudi do Paraná e o Supremo Tribunal Federal (STF) possuem uma interação para envio de Recurso Especial Extraordinário, e esta interação não se deve ao fato de ter sido bem cotada ou bem avaliada em um ranking. Assim, é importante salientar que tendo em vista o seu contexto público, o ECOS Projudi não estabelece critérios para avaliação de atores.

Já o mecanismo de sugestão não se faz presente da forma originalmente apresentado no ECOS Projudi. Por exemplo, não é possível pelo sistema e subsistemas um advogado receber uma sugestão de um processo jurídico para ele atuar. Porém, pode existir uma nomeação para que ele atue em um determinado processo jurídico.

A busca se apresenta em de diversas formas no ECOS Projudi, a mais utilizada é na busca de processos jurídicos por meio do nome da parte ou o número do processo. Assim, o nome de uma pessoa pode ser utilizado para a busca de um processo eletrônico; o artefato se torna o ator objeto de busca e não o ser humano.

O mecanismo social de comunicação se faz presente por meio de ofícios entre as instituições e até mesmo em atuações dentro do ECOS Projudi. Por exemplo, o promotor pode atuar em um processo eletrônico e o mesmo representa o ator instituição Ministério Público.

Com relação aos mecanismos sociais de mineração de dados e representação em grafos, este estudo não obteve êxito na busca de informações públicas. No entanto, a representação em grafos foi utilizada em uma pesquisa que aborda a trajetória de implantação do sistema Projudi [12].

B. Interações e Relacionamentos no ECOS Projudi

A tabela 4 apresenta as interações e relacionamentos presentes no sistema Projudi que pertence ao ECOS Projudi. A segunda coluna apresenta a interação/relacionamento existente no sistema. A terceira coluna apresenta o tipo do relacionamento tratados em [4] e a última coluna o tipo da interação existente apresentado por [3].

TABELA 4. INTERAÇÕES E RELACIONAMENTOS PRESENTES NO PROJUDI

	Interações/Relacionamentos Ativos		
	<i>Interações/Relacionamentos</i>	<i>Relaciona-mento</i>	<i>Interação</i>
1	Ajuizamento de Processos – Procuradorias Federal, Estadual e Municipais	Depende	Ator->Ator
2	Consulta Processual – Procuradorias Federal, Estadual e Municipais	Depende	Artefato->Artefato
3	Consulta Movimentações – Empresas de boletins para escritórios de advocacia	Depende	Artefato->Artefato
4	Distribuição – Distribuidores	Membro	Ator->Ator

Interações/Relacionamentos Ativos			
	Interações/Relacionamentos	Relacionamento	Interação
5	Subestabelecimento - Procuradorias Federal, Estadual e Municipais	Depende	Artefato->Artefato
6	Jurisprudência – Turma Recursal	Membro	Ator->Ator
7	Estrutura organizacional – Sistemas TJPR – Boletim Unificado	Membro	Ator->Ator
8	Fundos – Integração com sistema de controle de Fundos – FUNJUS – Guias de recolhimento e prestação pecuniária	Membro	Ator->Ator
9	Comparecimento – Projeto piloto para totes de controle de medida de comparecimento em juízo	Membro	Ator->Ator
10	Relatório SEJU – Informações à Secretaria de Justiça	Depende	Ator->Ator
11	Prestação de Contas – Integração com a Caixa Econômica Federal – prestação de contas – depósitos e alvarás eletrônicos	Depende	Ator->Ator
12	MNI – Métodos de Integração com Ministério Público, PJe e Escritório Digital / CNJ.	Depende	Ator->Ator
13	TRF4 – Integração para envio e baixa de recursos – competência delegada	Depende	Ator->Ator
14	IIPR – Integração para dados de partes com base no RG	Depende	Artefato->Artefato
15	STF – Integração para envio de recurso especial extraordinário	Depende	Ator->Ator
16	STF – Integração para acompanhamento de tramitação	Depende	Ator->Ator
17	Depósito Judicial – Integração com Caixa Econômica Federal para informação de depósito judicial	Depende	Ator->Ator
18	Oráculo – Integração para consulta de antecedentes criminais	Depende	Ator->Ator
19	e-DJ – Integração para publicação no Diário da Justiça Eletrônico	Depende	Ator->Ator
20	Depen – Integração para emissão de atestado único	Depende	Ator->Ator
21	Domus – Integração para informações de organograma do TJPR e Unidade de Origem para geração de numeração única	Depende	Artefato->Artefato
22	SNU – Integração para geração de numeração única de processos	Depende	Ator->Ator
23	Boletim Unificado – Integração com o sistema de boletim unificado – CGJ - para informações de produtividade de serventias e magistrados	Membro	Artefato->Artefato
24	ConsultaSaldoContaCaixa WebService para consulta de saldos de contas judiciais da Caixa	Interessado	Artefato->Artefato
25	ConsultaExtratoContaCaixa WebService para consulta de extratos de contas judiciais da Caixa	Interessado	Artefato->Artefato
26	ConsultaDetentos WebService para consulta de detentos em presídios e delegacias	Interessado	Artefato->Artefato

Interações/Relacionamentos Ativos			
	Interações/Relacionamentos	Relacionamento	Interação
27	ConsultaProcessualJudwin C onсульта Processual no Judwin utilizada na consulta de prevenções	Interessado	Artefato->Artefato
28	BancoDeSentencas WebService para integração com o banco de sentenças.	Interessado	Ator->Ator
29	ConsultaPrevencaoJudwin WebService para pesquisa de prevenção no Judwin	Interessado	Artefato->Artefato
30	DistribuicaoRecursoallegado I ntegração da distribuição com sistema legado	Interessado	Artefato->Artefato
31	AlvaraEletronicoCaixa WebService para alvarás eletrônicos Caixa	Interessado	Artefato->Artefato
32	Turma Web Service para pesquisa de prevenção na Turma Recursal	Interessado	Artefato->Artefato
33	ConsultaUnidadesPenais WebService para consulta de unidades prisionais	Interessado	Artefato->Artefato
34	ConsultaCustodiadosUnidade W ebService para consulta de custodiados por unidade prisional	Interessado	Artefato->Artefato
35	Fupen Webservice para integração com as multas do Fupen	Depende	Artefato->Artefato

Nos relacionamentos do Sistema Projudi, se forem com instituições que também pertencem ao ECOS Projudi foram classificadas com o relacionamento “Depende” por existir uma dependência de necessidade. Já as relacionamentos simples, por exemplo, um WebService de consulta, tiveram os relacionamentos classificados como “Interessado”. E nos relacionamentos que ocorrem com o próprio TJPR foram classificados como “Membro”. Já nas interações do Sistema Projudi, se a instituição pública possui um objetivo único e organização própria, neste estudo ela foi classificada como um Ator do ECOS. Assim, a interação entre eles foi classificada como “Ator->Ator”. Se não na interação não estiver em evidência um ator do ECOS, a classificação da interação passa a ser “Artefato-Artefato”.

A figura 3 apresenta sinteticamente os tipos de mecanismos sociais, relacionamentos e interações presentes em um ECOS do contexto público.

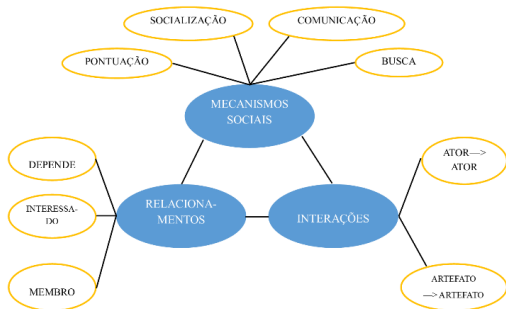


Figura 3. Mecanismos sociais, Relacionamentos e Interações presentes no Contexto Público – ECOS Projudi

V. VALIDAÇÃO

Este estudo apresenta, contudo, algumas dificuldades e limitações quanto a escassez de referências bibliográficas referente ao tema objeto de estudo e a coleta e tratamento e tratamento dos dados disponíveis. O exemplo apresentado é um ECOS no contexto público e grande parte das informações apresentadas foram oriundas de observações internas de documentos e entrevistas informais. As entrevistas foram realizadas via e-mail em virtude da distância da equipe técnica de desenvolvimento e por meio do sistema Lync, que é um dos sistemas internos de comunicação do Tribunal de Justiça do Paraná (TJPR). Devido ao seu contexto público, a não autorização do TJPR para a divulgação de algumas informações foi uma grande preocupação.

VI. CONCLUSÕES

Este artigo apresenta uma exploração dos mecanismos sociais, relacionamentos e tipos de interações presentes em ECOSs públicos. Acreditamos que a complexidade dos ecossistemas de software no contexto público deve ser abordada inicialmente pela caracterização e mapeamentos dos tipos de relacionamentos entre os atores envolvidos. Priorizando inicialmente assim, as dimensões sociais e técnicas.

Foi apresentado a abordagem SocialSECO proposta por [4], que contempla os mecanismos sociais, relacionamentos e tipos de interações estendido de [3]. Estas características foram exploradas em um ECOS real do TJPR, o ECOS Projudi, e como se apresentam neste contexto público. Importante salientar que esta pesquisa continua em desenvolvimento, tendo em vista a carência de trabalhos que abordam ECOS no contexto público.

Conclui-se que o ECOS Projudi do Paraná possui características peculiares com relação as dimensões sociais e técnicas que ainda não estão amplamente presente na literatura. Observa-se também que estas características se devem ao fato deste ECOS estar inserido no contexto público.

Os mecanismos sociais se apresentaram com características diferentes daquele originalmente definidos. A Socialização é em sua essência estabelecida pela própria instituição em que o ECOS está inserido. A Pontuação se mostra de forma fixada por lei e até mesmo pelo próprio nicho de negócio. E a Comunicação se faz presente por meio de troca de ofícios entre as instituições envolvidas.

Já com relação aos tipos de relacionamentos e interações não observou-se a presença de alguns tipos definidos na literatura. Nos relacionamentos apenas os tipos “Depende de”, “Interessado em” e “Membro de” foram observados no ECOS Projudi, provavelmente pelo seu contexto público. Nas interações constatamos apenas a presença das interações “Ator->Ator” e “Artefato->Artefato”.

Além disso, observou-se uma expressiva quantidade de relacionamentos e interações presentes neste ECOS provavelmente motivados pelo contexto de sistema na área pública. Desta forma os atores ultrapassam o limite individual, em uma rede social, e se apresentam como outros sistemas e até mesmo como outros ECOS inter-relacionados. Assim, artefatos ficam mais em evidência do que a socialização humana, muito embora seja classificado como um ECOS social.

Assim, a socialização em ECOS, predominantemente sociais, se apresenta no relacionamento entre as instituições envolvidas com um artefato de um nicho de negócio específico. Por exemplo: secretaria do meio ambiente e companhia ambiental do estado; conselho nacional de justiça e tribunal de justiça do estado; ministério da educação e secretarias da educação; e tantos outros.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a todos os servidores públicos do TJPR envolvidos na colaboração do presente estudo. E ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus de Cornélio Procopio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] R. Pereira, C. Maria, L. Werner, C. F. Alves, M. Jorge, S. Pinto, F. Mabel, A. De Oliveira, T. Tania, and C. Egler, “Ecosistemas de Software: Um Novo Espaço para a Construção de Redes e Territórios envolvendo Governo, Sociedade e a Web.”
- [2] S. Jansen, A. Finkelstein, and S. Brinkkemper, “A sense of community: A research agenda for software ecosystems,” *2009 31st Int. Conf. Softw. Eng. Companion Vol.*, pp. 187–190, 2009.
- [3] D. Seichter, D. Dhungana, A. Pleuss, and B. Hauptmann, “Knowledge Management in Software Ecosystems: Software Artefacts as First-class Citizens,” *Proc. 4th Eur. Conf. Softw. Archit. Companion Vol. (ECSA '10)*, no. c, pp. 119–126, 2010.
- [4] T. Lima, G. Barbosa, R. Pereira, and C. Werner, “Uma Abordagem Socio-técnica para Apoiar Ecosistemas de Software,” vol. 7, no. 3, pp. 19–37, 2014.
- [5] R. Teodoro, L. Gustavo, F. Aguiar, and E. C. Genvigir, “Ecosistema de Software no Contexto do Poder Judiciário - Apontamentos Sobre o Estado do Paraná,” *9thWORKSHOP Distrib. Softw. Dev. Softw. Ecosyst. Syst.*, vol. 01, pp. 49–56, 2015.
- [6] T. Maria and P. Lima, “Uma Abordagem Socio-técnica para Apoiar Modelagem e Análise de Ecosistemas de Software,” 2015.
- [7] J. F. Moore, “Predators and prey: a new ecology of competition.”

- Harv. Bus. Rev.*, vol. 71, no. 3, pp. 75–86, 1993.
- [8] J. Bosch, “From Software Product Lines to Software Ecosystems,” *Proc. 13th Int. Softw. Prod. Line Conf.*, no. Sple, pp. 111–119, 2009.
- [9] J. D. McGregor, “A method for analyzing software product line ecosystems,” *Proc. Fourth Eur. Conf. Softw. Archit. Companion Vol. - ECSA '10*, no. c, p. 73, 2010.
- [10] G. Valença and C. Alves, “Um Modelo para Negociação de Requisitos em Ecossistemas de Software.”
- [11] B. E. Albert, “SECOGOV: Um Modelo de Governança de Ecossistemas de Software para Apoiar Atividades de Arquitetura de TI,” *Diss. - Programa Pós-graduação em Eng. Sist. e Comput. Univ. Fed. do Rio Janeiro, Rio Janeiro*, p. 171, 2014.
- [12] A. D. S. C. G. DE ANDRADE, “Trajetórias de Implantação do Projudi à Luz da Teoria Ator-Rede,” *Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas da Fundação Getúlio Vargas*, 2013.

Resolución del Manufacturing Cell Design Problem Utilizando el Algoritmo Luciérnaga

A Firefly Algorithm to Solve the Manufacturing Cell Design Problem

Ricardo Soto^{1,2,3}, Broderick Crawford^{1,4,5}, Jacqueline Lama^{1*}, Boris Almonacid¹

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

² Universidad Autónoma de Chile, Santiago, Chile

³ Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

⁴ Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

⁵ Universidad Central de Chile, Santiago, Chile

Resumen — Esta investigación se enfoca en el modelado y resolución del problema de diseño de celdas de manufactura (*Manufacturing Cell Design Problem*, MCDP) a través del Algoritmo Luciérnaga (*Firefly Algorithm*, FA). El MCDP consiste en la creación de un diseño óptimo en plantas de producción a través de la creación de celdas que agrupan máquinas y piezas. El objetivo del problema consiste en minimizar los movimientos e intercambio de partes entre celdas. FA es una metaheurística basada en el comportamiento de apareamiento o de destello de las luciérnagas (*fireflies*), con el fin de comunicarse entre ellas o atraer a presas potenciales. Las luciérnagas se mueven a través del espacio de búsqueda por medio de la atracción que sienten hacia otras luciérnagas, hasta que el criterio de parada establecido se haya cumplido. Para finalizar, a modo de comprobar la eficiencia de FA, los resultados obtenidos han sido comparados con investigaciones previas, ilustrando resultados prometedores.

Palabras Clave — Problema de diseño de celdas de manufactura, Algoritmo Luciérnaga, Metaheurística.

Abstract — This research focuses on modeling and solving the Manufacturing Cell Design Problem (MCDP) through a Firefly Algorithm (FA). The MCDP consists in creating an optimal design of production plants, through the creation of cells that group machines and parts. The goal of the problem is to minimize movements and exchange of material between the cells. The FA is a metaheuristic based on the mating behavior or flash of fireflies, in order to communicate with each other or attract potential prey. Fireflies move through the search space by means of attraction that they feel toward other fireflies until the stop criteria established is complied. Finally, to test the efficiency of FA, the results obtained have been compared with previous research illustrating encouraging results.

Keywords — Manufacturing cell design problem, Firefly algorithm, Metaheuristics.

I. INTRODUCCIÓN

La Tecnología de Grupos (*Group Technology*, GT) hace referencia a la agrupación de piezas o productos pertenecientes a una familia de componentes, la cual es procesada en una fábrica miniatura llamada celda [25]. Entonces, el diseño de celdas de manufactura es una estrategia de manufacturación que consiste en la creación de un diseño óptimo de plantas de producción, cuyo objetivo principal reside en minimizar los movimientos e intercambio de partes entre celdas. El modelado del problema de diseño de celdas de manufactura (*Manufacturing Cell Design Problem*, MCDP) se compone por una secuencia de variables asociadas a un dominio, un conjunto de restricciones sobre estas variables y una función objetivo. Estas ideas son llevadas a cabo a través de formulaciones matemáticas que dan forma al MCDP. Los requisitos de este problema se representan por medio de una matriz de incidencia llamada máquina-pieza, la cual indica las piezas procesadas por las diferentes máquinas.

La resolución del MCDP es llevada a cabo a través del Algoritmo Luciérnaga (*Firefly Algorithm*, FA), el cual se basa en la simulación de comportamientos característicos de las luciérnagas (*fireflies*). Cada luciérnaga representa una posible solución al problema, las cuales son generadas de manera aleatoria. A través del comportamiento de movimiento, la luciérnaga se desplaza hacia aquella a la cual se sienta más atraída, lo que permite modificar su solución actual por una mejor. Asimismo, las soluciones finales entregadas por FA son comparadas con diversas investigaciones [4] [12], en donde se alcanza el 92.8% del total de óptimos, lo que entrega una visión más clara sobre la efectividad de esta metaheurística que sigue conductas sobre las luciérnagas.

Para concluir, el documento se encuentra organizado de la siguiente manera: En la primera etapa se habla sobre el estado del arte de la problemática y se prosigue con una descripción

* Autor correspondiente jacqueline.lama.g@mail.pucv.cl.

{ricardo.soto, broderick.crawford}@ucv.cl, boris.almonacid.g@mail.pucv.cl

detallada del MCDP. Se procede con la realización de una introducción a FA, para continuar con sus comportamientos básicos. Después se presentan los resultados experimentales, para luego finalizar con las conclusiones del trabajo realizado.

II. ESTADO DEL ARTE

Las celdas de manufactura han emergido en estas últimas dos décadas como innovación para la estrategia de manufacturación, la cual recoge las ventajas de la fabricación en serie de productos. En la investigación [6], con su análisis del flujo de producción convierte su procedimiento en uno de los primeros para resolver este dilema, aunque no desde un enfoque algorítmico. Su procedimiento utiliza la matriz de incidencia máquina-pieza, y se reorganiza en una forma diagonal de bloque (*Block Diagonal Form*, BDF) [28].

Otros enfoques tratan de determinar grupos de máquinas. La mayoría de estos métodos se basan en la matriz de incidencia máquina-pieza, y se puede dividir en la agrupación jerárquica y no jerárquica. Como ejemplo a esto se tiene a [20], [22], [24]. En otro punto, otras investigaciones consisten en representar cada una de las restricciones y encontrar en la medida de lo posible el conjunto solución o región factible. Por ejemplo, en esta línea de trabajo aplica [1], [3], [4], [10], [13], [17], [18], [23] y [28].

La programación por metas (*Goal Programming*, GP) se puede ver como una generalización de la programación lineal, para el manejo de múltiples funciones objetivo, como por ejemplo el trabajo de [19] y [21]. Además, se han empleado diferentes metaheurísticas y técnicas híbridas para la formación de celdas, por ejemplo búsqueda tabú [2] [14] y optimización por enjambre de partículas con una técnica de minería de datos [11].

Además, se han realizado otras investigaciones que proponen el uso del algoritmos genéticos (*Genetic Algorithms*, GA) [26], técnicas de ramificación y poda (*Branch and Bound*, BB) con GA [5], soluciones híbridas que incluye una búsqueda local y GA [12], un enfoque del algoritmo de enfriamiento simulado (*Simulated Annealing*, SA) combinándolo con GA [27], una solución metodológica basada en la composición de GA y técnicas de optimización a gran escala [16]. Finalmente, el uso de programación con restricciones en la resolución de MCDP [23].

III. PROBLEMA DE DISEÑO DE CELDAS DE MANUFACTURA

El Problema de MCDP es una estrategia de manufacturación que consiste en la creación de un diseño óptimo de plantas de producción, las cuales se componen de celdas de manufactura con máquinas que procesan un subconjunto de piezas que forman familias de partes, determinadas de acuerdo a la similitud entre partes [15].

El objetivo del MCDP reside en minimizar los movimientos e intercambio de partes entre celdas, con el fin de reducir

costos de producción y aumentar la productividad. La idea es representar los requisitos de procesamiento de partes de las máquinas a través de una matriz de incidencia llamada máquina-pieza. Cuando la matriz de incidencia es construida, se deben de agrupar las máquinas y partes en celdas, de modo que el número de transporte de piezas a través de las celdas se reduzca al mínimo. Este reordenamiento tiene por finalidad minimizar el total de movimientos entre celdas y la variación de carga dentro de las mismas, lo cual da como resultado la formulación de dos nuevas matrices, denominadas máquina-celda y pieza-celda. Una formulación matemática rigurosa del problema de agrupamiento máquina-pieza viene dada por el modelo de optimización formulado por Boctor [23].

Formulación del modelo matemático:

- M : El número de máquinas.
- P : El número de piezas.
- C : El número de celdas.
- i : El índice de máquinas ($i = 1, 2, \dots, M$).
- j : El índice de piezas ($j = 1, 2, \dots, P$).
- k : El índice de celdas ($k = 1, 2, \dots, C$).
- M_{max} : El número máximo de máquinas por celda.
- $A = [a_{ij}]$: Matriz de incidencia máquina-pieza.
- $B = [b_{ik}]$: La matriz de incidencia máquina-celda.
- $C = [c_{jk}]$: La matriz de incidencia pieza-celda.

Se selecciona la función objetivo que debe reducir al mínimo el número de veces que una parte debe de ser procesada por una máquina que no pertenece a la celda a la cual la pieza ha sido asignada. Cada matriz contiene dominios binarios.

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si la pieza } j \text{ se procesa en la máquina } i \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \quad (1)$$

$$b_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Si la máquina } i \text{ pertenece a la celda } k \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \quad (2)$$

$$c_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{Si la pieza } j \text{ pertenece a la familia } k \\ 0 & \text{En otro caso} \end{cases} \quad (3)$$

El problema es representado por el siguiente modelo matemático, el cual minimiza Z :

$$Z = \sum_{k=1}^C \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^P a_{ij} c_{jk} (1 - b_{ik}) \quad (4)$$

Sujeto a:

$$\sum_{k=1}^C b_{ik} = 1 \quad \forall i \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^C c_{jk} = 1 \quad \forall j \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^M b_{ik} \leq M_{max} \quad \forall k \quad (7)$$

Las restricciones (5) y (6) garantizan que cada máquina o pieza pertenezca sea asignada a una única celda, mientras que la restricción (7) asegura el número máximo de máquinas permitidas por celda.

IV. ALGORITMO LUCIÉRNAGA

El algoritmo luciérnaga (*Firefly Algorithm*, FA) fue introducido por Xin-She Yang, quien se inspiró en el comportamiento de apareamiento o de destello de las luciérnagas [29]. Hay cerca de dos mil especies de luciérnagas, y la mayoría de éstas producen destellos cortos y rítmicos. La luz intermitente se produce por un proceso de bioluminiscencia, y las verdaderas funciones de dichos sistemas de señalización se encuentran aún en debate. Sin embargo, dos funciones fundamentales de estos destellos son para atraer a socios de apareamiento (comunicación), y para atraer a la presa potencial.

A continuación se idealizan ciertas características del destello de las luciérnagas, de modo de desarrollar el algoritmo inspirado en éstas [30]. Las siguientes tres reglas idealizadas especifican que:

- i. Todas las luciérnagas son unisex, de modo que la atracción existente entre un par de luciérnagas sea independiente de su sexo.
- ii. La atracción es proporcional a su luminosidad o intensidad de luz, por lo tanto, si se tiene un par de luciérnagas destellantes, la menos brillante se moverá hacia aquella con mayor resplandor. Por esta razón, mientras la atracción y luminosidad disminuyen, la distancia entre ambas se incrementa. En caso de que no exista una luciérnaga más brillante que otra, ésta se moverá de manera aleatoria.
- iii. La luminosidad de una luciérnaga se determina por el valor de su función objetivo. Para problemas de maximización, la intensidad de luz de cada luciérnaga es proporcional al valor de la función objetivo, en caso de un problema de minimización, el destello de cada luciérnaga es inversamente proporcional al valor de la función objetivo.

A. Atracción

En FA la principal forma de atracción es descrita por una función decreciente, la cual es proporcional a la *intensidad_de_luz* vista por *luciérnagas* adyacentes, en donde r representa la distancia entre estas dos *luciérnagas*. Lo anterior se expresa de la siguiente forma generalizada [7]:

$$\beta(r) = \beta_0 \exp[-\gamma r^2] \quad (8)$$

Donde β_0 denota la atracción máxima cuando $r = 0$, γ es el coeficiente de absorción de luz, el cual controla la disminución de la intensidad de la luz.

B. Distancia

La distancia entre dos *luciérnagas* p y q en las posiciones x_p y x_q , puede ser definida como la distancia Cartesiana expresada de la siguiente manera [7]:

$$r_{pq} = \sqrt{\sum_{s=1}^d (x_p^s - x_q^s)^2} \quad (9)$$

Donde x_p^s representa al s -ésimo componente de la coordenada espacial de la p -ésima luciérnaga y d corresponde a la dimensión o cantidad de variables de la matriz.

C. Movimiento

El movimiento determinado de una *luciérnaga* p cuando es atraída hacia otra más brillante *luciérnaga* q , se encuentra determinada por [7]:

$$x_p^{t+1} = x_p^t + \beta(r)(x_q^t - x_p^t) + \alpha \left(rand - \frac{1}{2} \right) \quad (10)$$

Donde x_p^{t+1} es la posición de la *luciérnaga* p en la siguiente generación. El primer término en la ecuación corresponde a la posición actual *luciérnaga* x_p , el segundo término denota la atracción entre la *luciérnaga* x_p y la *luciérnaga* x_q , y el último término es usado como un movimiento aleatorio en caso de que no haya alguna luciérnaga más brillante. El parámetro de aleatoriedad es representado por α , mientras que la variable *rand* genera un número al azar distribuido de manera uniforme entre 0 y 1.

D. Discretización

Cuando una *luciérnaga* p se mueve hacia una *luciérnaga* q , la posición en esa dimensión de la *luciérnaga* p es cambiada desde un valor binario a uno real. Por este motivo, el número real será alterado por la siguiente función de transferencia, la cual restringe el valor de esta posición entre 0 y 1 [9]:

$$T(x_p^s) = |\tanh(x_p^s)| \quad (11)$$

Luego, se actualiza la posición de la *luciérnaga* p en la s -ésima dimensión utilizando el siguiente método de discretización:

$$x_{new}^s = \begin{cases} 1 & \text{if } rand \leq T(x_p^s) \\ 0 & \text{otro caso} \end{cases} \quad (12)$$

Donde x_p^s corresponde a cada bit de la dimensión de la matriz de incidencia generada como solución. La variable *rand* genera un número aleatorio que es comparado con el resultado obtenido en la Ecuación (11). Y para finalizar, x_{new}^s asegura que cada bit se limite a valores entre 0 y 1.

E. Algoritmo Binario Luciérnaga

Sobre la base de las tres reglas que idealizan el comportamiento natural de las luciérnagas, los pasos básicos para el FA pueden ser resumidos en el pseudocódigo mostrado en el Algoritmo 1.

Algoritmo 1. Algoritmo de luciérnaga binario

```

Inicializar los parámetros del algoritmo: Número de luciérnagas (n), Número de generaciones (MaxGen), β0, γ, α;
Generación inicial de n luciérnagas;
Calcular la intensidad_de_luz para cada luciérnaga a través de la Ecuación (4);
Mientras t < MaxGen hacer
  Desde p = 1 hasta n hacer
    Desde q = p + 1 hasta n hacer
      Si Iq > Ip entonces
        Mover luciérnaga p hacia la luciérnaga q de acuerdo a la Ecuación (10);
        Obtener la atracción a través de la Ecuación (8), la cual varía según la distancia r por medio de la Ecuación (9);
        Los resultados obtenidos son binarizados por la Ecuación (11) y (12);
      Fin si
      Evaluar las nuevas soluciones y actualizar la intensidad_de_luz;
    Fin desde
  Fin desde
  Ordenar las luciérnagas y encontrar el mejor_valor_actual;
Fin mientras
Post proceso de resultados y visualización;
  
```

V. RESULTADOS EXPERIMENTALES

El FA y el MCDP se codificó en el entorno de desarrollo NetBeans 7.3 y las pruebas se ejecutaron en un notebook con procesador Intel Core i7 3630QM 2.40GHz, una RAM de 12 GB y un Sistema Operativo de Windows 8.1. Los parámetros utilizados correspondientes a FA son: β₀ = 1; γ = 1; α = 0.2; n = 25; y MaxGen = 50. La configuración de los parámetros se basan en las investigaciones [8] y [30].

El rendimiento del algoritmo se evaluó de forma experimental mediante la ejecución de 125 casos de prueba. Las referencias de comparación utilizadas corresponden a las investigaciones de [4] y [12]. En total se cuentan con 10 problemas, en donde cada uno se aborda de 9 maneras distintas para el caso de Boctor [4], y 35 problemas adicionales para el caso de James, Brown y Keeling [12]. Cada problema se ejecuto 10 veces.

Los valores obtenidos tras la aplicación de la metaheurística, sobre los problemas presentados por Boctor, se ven resumidos en la tabla. I, II y III cuando C = 2 y en la tabla IV y V

cuando se trabaja con C = 3. El resultado de cada instancia se sintetiza de manera de mostrar el óptimo obtenido por Boctor (B), el mejor óptimo conseguido por FA (F), el peor óptimo conseguido por FA (P), el promedio de óptimos obtenidos (A) y la desviación porcentual relativa (Relative Percentage Deviation, RPD).

Al observarse los resultados obtenidos sobre los problemas de Boctor, el algoritmo propuesto en esta investigación para la resolución de MCDP alcanza 90 de los 90 óptimos globales planteados por Boctor, en donde 10 de ellos resultaron tener celdas vacías. Si se analiza la columna (A), los resultados promedios de sólo 11 de los 90 problemas presentan diferencias, sin embargo, la diferencia de este valor en comparación a los valores óptimos alcanzados resulta ser muy cercana.

TABLA I. INSTANCIAS DE BOCTOR I.

#P	C = 2									
	M _{max} = 8					M _{max} = 9				
	B	F	P	A	RPD (%)	B	F	P	A	RPD (%)
1	11	11	15	11.4	0.00	11	11	11	11	0.00
2	7	7	9	7.6	0.00	6	6	6	6	0.00
3	4	4	4	4	0.00	4	4	4	4	0.00
4	14	14	14	14	0.00	13	13	13	13	0.00
5	9	9	9	9	0.00	6	6	6	6	0.00
6	5	5	5	5	0.00	3	3	3	3	0.00
7	7	7	7	7	0.00	4	4	4	4	0.00
8	13	13	15	13.6	0.00	10	10	10	10	0.00
9	8	8	8	8	0.00	8	8	8	8	0.00
10	8	8	9	8.1	0.00	5	5	5	5	0.00

TABLA II. INSTANCIAS DE BOCTOR II.

#P	C = 2									
	M _{max} = 10					M _{max} = 11				
	B	F	P	A	RPD (%)	B	F	P	A	RPD (%)
1	11	11	11	11	0.00	11	11	11	11	0.00
2	4	4	4	4	0.00	3	3	3	3	0.00
3	4	4	4	4	0.00	3	3	3	3	0.00
4	13	13	13	13	0.00	13	13	13	13	0.00
5	6	6	6	6	0.00	5	5	5	5	0.00
6	3	3	3	3	0.00	3	3	3	3	0.00
7	4	4	4	4	0.00	4	4	4	4	0.00
8	8	8	9	8.1	0.00	5	5	5	5	0.00
9	8	8	8	8	0.00	5	5	5	5	0.00
10	5	5	5	5	0.00	5	5	5	5	0.00

TABLA III. INSTANCIAS DE BOCTOR III.

#P	C = 2				
	M _{max} = 12				
	B	F	P	A	RPD (%)
1	11	11	11	11	0.00
2	3	3	3	3	0.00
3	1	1	4	1	0.00
4	13	13	13	13	0.00
5	4	4	4	4	0.00
6	2	2	2	2	0.00
7	4	4	4	4	0.00
8	5	5	5	5	0.00
9	5	5	8	5,3	0.00
10	5	5	5	5	0.00

TABLA IV. INSTANCIAS DE BOCTOR IV.

#P	C = 3									
	M _{max} = 6					M _{max} = 7				
	B	F	P	A	RPD (%)	B	F	P	A	RPD (%)
1	27	27	29	27.8	0.00	18	18	20	18.6	0.00
2	7	7	7	7	0.00	6	6	6	6	0.00
3	9	9	9	9	0.00	4	4	4	4	0.00
4	27	27	27	27	0.00	18	18	18	18	0.00
5	11	11	11	11	0.00	8	8	8	8	0.00
6	6	6	6	6	0.00	4	4	4	4	0.00
7	11	11	12	11.1	0.00	5	5	5	5	0.00
8	14	14	14	14	0.00	11	11	11	11	0.00
9	12	12	12	12	0.00	12	12	12	12	0.00
10	10	10	12	10.2	0.00	8	8	8	8	0.00

TABLA V. INSTANCIAS DE BOCTOR V.

#P	C = 3									
	M _{max} = 8					M _{max} = 9				
	B	F	P	A	RPD (%)	B	F	P	A	RPD (%)
1	11	11	11	11	0.00	11	11	11	11	0.00
2	6	6	6	6	0.00	6	6	6	6	0.00
3	4	4	4	4	0.00	4	4	4	4	0.00
4	14	14	14	14	0.00	13	13	13	13	0.00
5	8	8	8	8	0.00	6	6	7	6.1	0.00
6	4	4	4	4	0.00	3	3	3	3	0.00
7	5	5	5	5	0.00	4	4	4	4	0.00
8	11	11	11	11	0.00	10	10	10	10	0.00
9	8	8	8	8	0.00	8	8	8	8	0.00

#P	C = 3									
	M _{max} = 8					M _{max} = 9				
	B	F	P	A	RPD (%)	B	F	P	A	RPD (%)
10	8	8	8	8	0.00	5	5	5	5	0.00

En la figura 1 se muestra el comportamiento de FA al Problema 1 al momento de buscar el *mejor_valor_actual*, cuyos parámetros son $C = 2$ y $M_{max} = 9$. Gracias al modo de operar de FA, se tiene una rápida convergencia hacia el óptimo, ya que el *mejor_valor_actual* es minimizado en diferentes *luciérnagas* en una misma generación. El trabajar con $C = 2$ es un proceso de corta duración, ya que con pocas generaciones el problema alcanza los óptimos planteados. En contraste a cuando se trabaja con $C = 3$, el *mejor_valor_actual* disminuye de manera abrupta al inicio de las generaciones, sin embargo el óptimo no es alcanzado antes de las 10 generaciones. Lo anterior puede ser visualizado en la figura 2, cuyos parámetros al problema 6 son $C = 3$ y $M_{max} = 7$. Para la asignación de máquinas en 3 diferentes celdas, el proceso de cálculo es un poco más largo que al trabajar con 2 celdas.

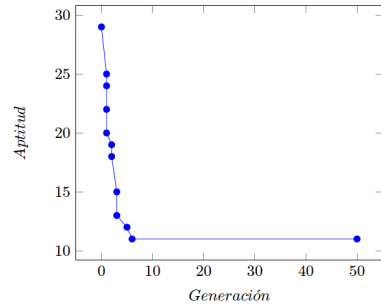


Figura 1. Gráfico de comportamiento de FA del problema 1 con $C = 2$ y $M_{max} = 9$.

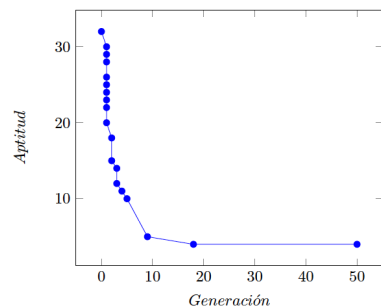


Figura 2. Gráfico de comportamiento de FA del problema 6 con $C = 3$ y $M_{max} = 7$.

Por otro lado, los resultados obtenidos en una segunda etapa sobre los problemas abordados por James, Brown y Keeling se

sintetizan en la tabla VI. En donde se muestra el óptimo obtenido por James, Brown y Keeling (J), el mejor óptimo conseguido por FA (F), el peor óptimo conseguido por FA (P), el promedio de óptimos obtenidos (A) y la desviación porcentual relativa (RPD%). Los resultados experimentales muestran la existencia de celdas vacías, lo que significa que máquinas o piezas pueden no pertenecer a alguna celda. Las soluciones propuestas que presenten esta característica muestran sus resultados en cursiva.

Al realizar pruebas sobre los 35 problemas adicionales, sólo se alcanzan 26 de los 35 óptimos conocidos, en donde 17 de ellos resultan ser menor al mejor valor y 16 del total de soluciones presentan celdas vacías. Cabe destacar que las nuevas instancias analizadas miden su efectividad de forma diferente a la trabajada, por lo que se analizaron las soluciones propuestas por los autores para rescatar los diferentes valores a los parámetros de C y M_{max} . El patrón de comportamiento que se observó al trabajar con $C = 3$, es decir, que aumenta el tiempo de búsqueda del óptimo conocido y de que no siempre se llega a este valor, se presenta de forma clara en las nuevas instancias, en donde el trabajo con C mayor a 5 dificulta su hallazgo. En la figura 3 se tiene una matriz de 5 máquinas y 7 piezas trabajadas con $C = 2$ y $M_{max} = 3$, cuyo mejor valor para esta instancia es encontrada en la primera generación de la metaheurística, el cual es igual a 0. En contraste a este comportamiento, en la figura 4 se trabaja con una matriz de 24 máquinas, 40 piezas, $C = 7$ y $M_{max} = 5$. A través de las 50 generaciones, la metaheurística escala de manera constante hacia el mejor valor, superando en este caso al presentado por los autores de 1 movimiento entre celdas a 0 movimientos entre celdas.

TABLA VI. INSTANCIAS POR JAMES, BROWN Y KEELING.

#P	M	P	C	M_{max}	J	F	P	A	RPD (%)
1	5	7	2	3	0	0	0	0	0,00
2	5	7	2	4	4	3	3	3	-0,25
3	5	18	2	3	7	5	5	5	-0,29
4	6	8	2	3	2	2	2	2	0,00
5	7	11	5	2	9	9	9	9	0,00
6	7	11	4	2	4	4	4	4	0,00
7	8	12	4	3	10	8	8	8	-0,20
8	8	20	3	4	9	7	7	7	-0,22
9	8	20	2	5	27	27	27	27	0,00
10	10	10	5	4	3	3	3	3	0,00
11	10	15	3	4	0	0	0	0	0,00
12	14	24	7	3	9	9	11	10.1	0,00
13	14	24	7	3	10	8	9	8.4	-0,20
14	16	24	8	5	37	36	41	39.6	-0,03
15	16	30	6	6	28	18	25	21.1	-0,36
16	16	43	8	4	42	39	46	43.8	-0,07
17	18	24	9	4	33	32	35	33.2	-0,03

#P	M	P	C	M_{max}	J	F	P	A	RPD (%)
18	20	20	6	7	54	52	59	56.2	-0,04
19	20	23	7	6	50	49	55	51.6	-0,02
20	20	35	5	5	9	7	16	12.3	-0,22
21	20	35	5	5	44	43	45	43.5	-0,02
22	24	40	7	5	1	0	23	15.5	-0,50
23	24	40	7	5	10	13	19	15	0,30
24	24	40	7	5	20	25	30	27.6	0,25
25	24	40	11	5	51	49	57	56.1	-0,04
26	24	40	12	3	61	64	67	65.6	0,05
27	24	40	12	3	63	67	72	68.8	0,06
28	27	27	6	11	78	76	97	92.1	-0,03
29	28	46	10	4	97	106	112	109.1	0,09
30	30	41	14	4	41	43	65	58.3	0,05
31	30	50	13	3	50	54	63	60.4	0,08
32	30	50	14	4	76	76	81	77.6	0,00
33	30	90	17	6	140	116	125	122.6	-0,17
34	37	53	3	15	315	325	335	329.5	0,03
35	40	100	10	6	37	114	130	119.2	2,08

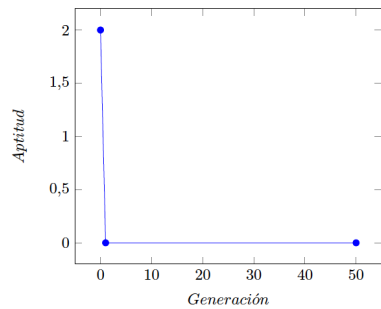


Figura 3. Gráfico de comportamiento de FA del problema 1 con $C = 2$ y $M_{max} = 3$.

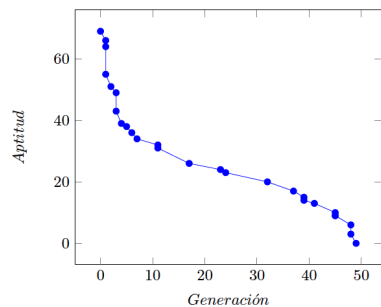


Figura 4. Gráfico de comportamiento de FA del problema 22 con $C = 7$ y $M_{max} = 5$.

VI. CONCLUSIONES

En este documento se investigó el problema de MCDP y se propuso a FA como una metaheurística para su resolución. En una primera etapa se aplicó FA sobre 10 problemas, en donde cada uno de ellos es abordado de 9 formas diferentes. El comportamiento de FA entregó 90 de los 90 óptimos globales conocidos, en el cual el tiempo de ejecución por problema resultó ser inferior a los 5 minutos. Este algoritmo tiene una rápida convergencia hacia el óptimo, es decir, los movimientos de material existente entre celdas son minimizados de forma veloz, y en la mayoría de las ocasiones, mucho antes de que las generaciones lleguen a la mitad de su valor. Sin embargo, en una segunda etapa, al aplicar FA sobre 35 nuevas instancias, se alcanzaron 17 mejores valores, de los cuales, 9 corresponden ser inferiores a los valores conocidos. En los primeros problemas, de dimensiones similares o incluso inferiores a las instancias presentados por Boctor, el algoritmo se comporta de la manera usual: rápida convergencia y tiempo acotado. Sin embargo al aumentar las dimensiones, el mejor valor no es alcanzado y además el tiempo de ejecución aumenta.

AGRADECIMIENTOS

Ricardo Soto apoyado por CONICYT / FONDECYT / INICIACION / 11130459. Broderick Crawford apoyado por CONICYT / FONDECYT / REGULAR / 1140897. Boris Almonacid se encuentra apoyado por la Beca de Postgrado de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 2015 (Beca INF-PUCV 2015).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Adil, D. Rajamani, and D. Strong. A mathematical model for cell formation considering investment and operational costs. *European Journal of Operational Research*, 69(3):330-341, 1993.
- [2] N. Aljaber, W. Baek, and C.-L. Chen. A tabu search approach to the cell formation problem. *Computers & Industrial Engineering*, 32(1):169-185, 1997.
- [3] A. Atmani, R. Lashkari, and R. Caron. A mathematical programming approach to joint cell formation and operation allocation in cellular manufacturing. *International Journal of Production Research*, 33(1):1-15, 1995.
- [4] F. F. Boctor. A linear formulation of the machine-part cell formation problem. *International Journal of Production Research*, 29(2):343-356, 1991.
- [5] M. Boulif, and K. Atif. A new branch-&-bound enhanced genetic algorithm for the manufacturing cell formation problem. *Computers and Operations Research*, 33(8):2219-2245, 2006.
- [6] J. Burbidge. *Production flow analysis*. *Production Engineer*, 42(12):742-752, 1963.
- [7] K. Chandrasekaran and S. P. Simon. Network and reliability constrained unit commitment problem using binary real coded
- [8] B. Crawford, R. Soto, M. Olivares-Suárez, and F. Paredes. A binary firefly algorithm for the set covering problem. *Modern Trends and Techniques in Computer Science, Advances in Intelligent Systems and Computing*, 285:65-73, 2014.
- [9] B. Crawford, R. Soto, C. Peña, W. Palma, F. Johnson, and F. Paredes. Solving the set covering problem with a shuffled frog leaping algorithm. In *proceedings of the 7th Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems (ACIIDS)*, pages 41-50, 2015.
- [10] S. Deutsch, S. Freeman, and M. Helander. Manufacturing cell formation using an improved p-median model. *Computers & Industrial Engineering*, 34(1):135-146, 1998.
- [11] O. Durán, N. Rodríguez, and L. Consalter. Collaborative particle swarm optimization with a data mining technique for manufacturing cell design. *Expert Systems with Applications*, 37(2):1563-1567, 2010.
- [12] T. L. James, E. C. Brown, and K. B. Keeling. A hybrid grouping genetic algorithm for the cell formation problem. *Computers & Operations Research*, 34(7):2059-2079, 2007.
- [13] A. Kusiak and W. Chow. Efficient solving of the group technology problem. *Journal of Manufacturing Systems*, 6(2):117-124, 1987.
- [14] S. Lozano, A. Díaz, I. Eguía, and L. Onieva. A onestep tabu search algorithm for manufacturing cell design. *Journal of the Operational Research Society*, 50(5):209-516, 1999.
- [15] P. D. Medina, E. A. Cruz, and M. Pinzon. Generación de celdas de manufactura usando el algoritmo de ordenamiento binario (aob). *Scientia et Technica Año XVI*, (44):106-110, 2010.
- [16] A. Nsakanda, M. Diaby, and W. L. Price. Hybrid genetic approach for solving large-scale capacitated cell formation problems with multiple routings. *European Journal of Operational Research*, 171(3):1051-1070, 2006.
- [17] E. Oliva-Lopez and G. Purcheck. Load balancing for group technology planning and control. *International Journal of Machine Tool Design and Research*, 19(4):259-274, 1979.
- [18] G. F. K. Purcheck. A linear-programming method for the combinatorial grouping of an incomplete set. *Journal of Cybernetics*, 5(4):51-78, 1975.
- [19] S. Sankaran and E. Y. Rodin. Multiple objective decision making approach to cell formation: A goal programming model. *Mathematical and Computer Modelling*, 13(9):71-81, 1990.
- [20] H. Seifoddini and C.-P. Hsu. Comparative study of similarity coefficients and clustering algorithms in cellular manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 13(2):119-127, 1994.
- [21] S. M. Shafer and D. F. Rogers. A goal programming approach to the cell formation problem. *Journal of Operations Management*, 10(1):28-43, 1991.
- [22] M. Shargal, S. Shekhar, and S. Irani. Evaluation of search algorithms and clustering efficiency measures for machine-part matrix clustering. *IIE Transactions*, 27(1):43-59, 1995.
- [23] R. Soto, H. Kjellerstrand, O. Durán, B. Crawford, E. Monfroy, and F. Paredes. Cell formation in group technology using constraint programming and boolean satisfiability. *Expert Systems with Applications*, 39(13):11423-11427, 2012.
- [24] G. Srinivasan. A clustering algorithm for machine cell formation in group technology using minimum spanning tree. *International Journal of Production Research*, 32(9):2149-2158, 1994.
- [25] R. L. Storch. *Group technology*. College of Engineering, University of Washington, 2010.
- [26] V. Venugopal and T. Narendran. A genetic algorithm approach to the machine-component grouping problem with multiple objectives. *Computers & Industrial Engineering*, 22(4):469-480, 1992.
- [27] T. Wu, C. Chang, and S. Chung. A simulated annealing algorithm for manufacturing cell formation problems. *Expert Systems with Applications: An International Journal*, 34(3):1609-1617, 2008.
- [28] A. R. Xambre and P. M. Vilarinho. A simulated annealing approach for manufacturing cell formation with multiple identical machines. *European Journal of Operational Research*, 151(2):434-446, 2003.
- [29] X.-S. Yang. *Nature-inspired metaheuristic algorithm*. University of Cambridge, United Kingdom: Luniver Press, 2008.
- [30] X.-S. Yang. Fire y algorithms for multimodal optimization. Department of Engineering, University of Cambridge, UK, pages 1-10, 2010.

Estado da Arte da *Wearable Technology*: Aplicações na área médica

State-of-the-art in Wearable Technology: Medical area applications

André Viegas

Coimbra Business School – IPC
Quinta Agrícola - Bencanta
Coimbra, Portugal
andre.viegaspt@gmail.com

Maria Madalena Abreu

Coimbra Business School – IPC
Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Lisboa, Portugal
Business Research Unit (BRU-IUL)
Av. das Forças Armadas, Lisboa
1649-026 Lisboa, Portugal
mabreu@iscac.pt

Isabel Pedrosa

Coimbra Business School – IPC
Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Lisboa, Portugal
ISTAR-IUL
Av. das Forças Armadas, Lisboa
1649-026 Lisboa, Portugal
ipedrosa@iscac.pt

Resumo — Existem cada vez mais acessórios tecnológicos nas nossas vidas podendo os exemplos ir de uns óculos, um simples anel, até a uma camisa tecnológica. Tal representa uma inovação na miniaturização dos componentes tecnológicos ao ponto de serem adaptados/acoplados aos acessórios que usamos no dia-a-dia. Assim, o conceito de *Wearable Technology* consiste na incorporação destes componentes tecnológicos em acessórios de roupa ou em objetos que transportamos. Implica isto que a *Wearable Technology* se apresenta com uma sub-área da *Internet of Things* visto que incorpora objetos físicos com sensores e software, permitindo que esses objetos troquem dados com um servidor ou com outro dispositivo sem a intervenção humana. Compreender as oportunidades e a utilização da *Wearable Technology* na área da saúde é o principal objetivo deste artigo, considerando a quantidade de propostas já existentes no mercado para esta área de negócio e o aumento do número de utentes que podem sobrecarregar o atendimento nos hospitais e centros de saúde e que poderiam facilmente ser monitorizados a distância.

Palavras Chave – *Wearable Technology*; *Saúde*; *Internet of Things*; *Realidade aumentada*

Abstract — Actually there are more technological devices in our lives which may vary from glasses, a ring or to a technological shirt. Such development represents an innovation in miniaturizing technological components to such a point where they can be used as accessories we use in everyday life; meaning this, *Wearable Technology* consists in the incorporation of technological components in clothing accessories or objects we carry. This implies that *Wearable Technology* is a subarea of *Internet of Things* since it incorporates physical objects with sensors and software that allows them to exchange data without human intervention. This is the case of the devices that increasingly are being developed for the medical area, especially because of the growing number of patients overloading hospitals and medical centers.

Keywords – *Wearable Technology*; *Healthcare*; *Internet of Things*; *Augmented Reality*

I. INTRODUÇÃO

Os acessórios tecnológicos fazem, cada vez mais e de uma forma omnipresente, parte da nossa vida. A miniaturização e a incorporação de componentes tecnológicos permitem, atualmente, a monitorização em tempo real de alguns dados biométricos, nomeadamente, o batimento cardíaco, a temperatura e a pressão arterial. Isto permite a prevenção de várias patologias ou problemas de saúde antes de estes evoluírem para estágios graves. O conceito de *Wearable Technology* consiste na incorporação de componentes tecnológicos em peças de roupa ou acessórios que possam ser vestidos pelos utilizadores. Considerando uma utilização mais genérica, a *Wearable Technology* é usada, principalmente, para a prática de exercício físico através da monitorização cardíaca, velocidade, calorias gastas e posição geográfica, sendo esta uma utilização muito popular entre os desportistas, por exemplo em ténis e golfe [1]. A *Wearable Technology* está fortemente ligada ao conceito de *Internet of Things*. Este último diz respeito à rede de ligações efetuada por objetos que utilizamos no dia-a-dia, partilhando informação de forma segura e através de IPv6 [2] e encontrando-se equipados com inteligência ubíqua. A *Internet of Things* vai aumentar a ubiquidade da Internet ao integrar interações de diversos objetos através de sistemas integrados, o que leva a uma rede altamente distribuída de dispositivos a comunicar com seres humanos e outros dispositivos [3]. Adicionalmente, esta tecnologia representa uma possibilidade de monitorização não-invasiva.

A questão que se levanta nesta investigação consiste na aplicabilidade da *Wearable Technology* em diversas áreas, em especial na área saúde, ainda, nas suas vantagens e inibidores do desenvolvimento, bem como os benefícios do ponto de vista económico e de mercado. Compreender estas realidades constitui-se como o objetivo principal deste trabalho. Assim, será apresentada uma sistematização da literatura disponível sobre o tema das *wearable technologies* (secção II) e na área da saúde (secção III). E, por fim, uma conclusão (secção V) e IV?

II. WEARABLE TECHNOLOGY: PERSPETIVA GENÉRICA

Atualmente assiste-se a um forte crescimento do mundo das *Wearable Technologies* devido, especialmente, ao facto de serem relativamente novas no mercado e inovadoras no facto de permitirem acesso em tempo real a serviços que até agora não seriam exequíveis. No entanto, como acontece em domínios similares, esta novidade pode levar a alguma resistência por parte de diferentes grupos da população. De forma sumária, pode dizer-se que estes acessórios consistem na incorporação de componentes tecnológicos em acessórios utilizados no dia-a-dia como, por exemplo, uma peça de roupa, um relógio ou um anel. Estes acessórios estão associados aos conceitos de *ubiquitous computing* e *wearable computers*.

Ubiquitous computing é um conceito baseado em engenharia de *software* e ciência de computadores que diz respeito à incorporação de computadores em qualquer instrumento ou aparelho. *Wearable Computers* consistem em dispositivos tecnológicos de pequena dimensão que são usados por um utilizador debaixo, em cima ou mesmo incorporados em acessórios de roupa. Estes dispositivos são, normalmente, de pequena dimensão e são adaptados a determinada tarefa, tornando-os produtos bastante flexíveis. De seguida, apresentam-se os produtos que são mais conhecidos e adotados pelo público em geral, apresentando, em primeiro lugar, a visão de Steve Mann que iniciou, nos anos 80, os seus trabalhos sobre a temática. Os exemplos apresentados dizem respeito às áreas de visão e acessórios de vestuário.

a) Década de 80: contributos de Steve Mann

Na década de 80 Steve Mann começou a realizar experiências com *wearable computing* e comunicação *wireless* e relatou que, devido ao aspeto do *wearable computer*, as pessoas olhavam para ele de uma maneira repugnante [4]. O objetivo de Mann passava por testar mais a funcionalidade e a capacidade de transmissão de dados do que a descrição do dispositivo. Este *wearable computer* consistia num capacete com uma antena, que detetava redes *wireless*, e um visor que continha um ecrã de computador miniaturizado. Foram feitos testes no prédio mais alto de Cambridge para testar a ligação *wireless* e a receção de dados. Steve Mann constatou a possibilidade de consultar *emails* em tempo real sem grande perda de dados.[5] Ao desenvolver este *wearable computer*, Mann tinha como visão, num futuro próximo, ajudar as pessoas com problemas visuais através de radares e sensores. Para tentar atingir esse objetivo Mann então focou-se no GlassEye. Este dispositivo consistia nuns óculos onde a câmara estava diretamente sobreposta no olho, eliminando assim tonturas e náuseas (dois dos inconvenientes apontados durante a utilização) a longo prazo [6]

a) Smartwatch

Um dos acessórios mais conhecidos é o *Smartwatch*, o qual se iniciou com o objetivo principal de auxiliar em cálculos (numa primeira versão e na década de 80, chamado relógio calculadora desenvolvido pela Casio), e que, hoje em dia, já permite a ligação em Bluetooth a um telemóvel e reproduzir todas as suas funcionalidades, tendo-se transformado numa versão simplificada de um computador móvel.

b) Google Glass

O Google Glass enquadra-se numa tecnologia chamada *optical head-mounted display*. Um *optical head-mounted display* consiste num dispositivo capaz de projetar imagens, permitindo, assim, ao seu utilizador a capacidade de ver uma realidade aumentada, conceito que surgiu com os trabalhos e publicações de Ivan Sutherland nos anos 60 [7]. Realidade aumentada representa uma variação da realidade virtual. A realidade virtual oferece uma experiência completamente imersiva e não permite ao seu utilizador visualizar o mundo real ao seu redor. A realidade aumentada permite ao utilizador visualizar o mundo real em sua volta com objetos virtuais [8]. O Google Glass funciona em complementaridade com um *smartphone*, mostrando toda a informação e a opção de comunicação com o *smartphone* através de comandos de voz. O Google Glass foi desenvolvido pela Google X, uma empresa que faz parte da Google com a missão de descobrir e desenvolver novas tecnologias, como por exemplo, carros sem condutor. O Google Glass distingue-se especialmente dos *optical head-mounted displays* anteriores por apresentar uma estrutura mais pequena. O primeiro protótipo é semelhante a óculos comuns mas as lentes são substituídas por um *head-up display*. Quando foi lançado o protótipo do Google Glass, este era ainda mais leve do que quaisquer óculos de sol comuns. Em 2013, uma edição “beta” Google Glass foi disponibilizada para venda a alguns utilizadores e *developers* da Google. Intitulava-se *Explorer Edition* e tinha um custo de \$1500.

O Google Glass é composto por um *touchpad* que se encontra de lado, permitindo ao utilizador mudar de menu com um simples deslize. Também possui uma câmara com capacidade de gravação de vídeo HD. O display é constituído por cristais líquidos, um sistema de cor sequencial e um sistema de iluminação LED. O Google estabeleceu ainda uma parceria com a Luxottica com o objetivo de oferecer aos seus utilizadores variedade de armações. Fazendo uso do seu sistema operativo Android, o Google Glass permite o desenvolvimento grátis de aplicações por parte de *developers* independentes, além de fazer uso das aplicações Google como Maps, Now, Google+ e Gmail. Para este efeito a Google lançou a *Mirror API*. Nos termos de contrato de utilização está estabelecido que os *developers* não podem incluir publicidade nem cobrar pelas suas aplicações que desenvolverem. A maioria destas últimas consiste no fornecimento de notícias, reconhecimento facial, exercício físico, traduções e partilhas em redes sociais. Durante a fase “beta”, a Google foi lançando novas aplicações e novos *development kits*, nomeadamente o *Glass Development Kit*. Com este *kit* foi lançada a aplicação de tradução, designada Word Lens, uma aplicação de realidade aumentada onde, através de uma câmara de telemóvel (ou do Google Glass) se identifica qualquer tipo de texto e, de imediato, é apresentada tradução no idioma que o utilizador tenha definido. Em março de 2014, a Google lançou o *Android Wear*, que consistia num sistema operativo para *smartwatches*. Em junho de 2015 foi criada uma ligação entre o *Google Glass* e o *Android Wear* permitindo ao utilizador receber as notificações do seu *smartwatch* no Google Glass.

Em junho de 2014, o Governo do Nepal adotou o Google Glass para abordar caçadores ilegais no Parque Internacional de Chitwan, tornando-se o primeiro país no mundo a incluir este dispositivo em operações militares, permitindo a localização de animais e pássaros em florestas através GPS ou saber a localização de patrulhas militares.

c) SmartShirt

A *Smart Shirt* pertence à categoria *eTextile* ou *smart clothing* que consiste numa malha com uma camada de fibra ótica. A *Smart Shirt* tem sido utilizada pelo exército dos Estados Unidos da América para detetar feridas feitas por balas, tendo como base a monitorização dos dados vitais de quem veste este acessório. A estrutura da *Smart Shirt* é extremamente versátil o que se constitui como a sua principal vantagem. Apresentou-se como sendo o primeiro dispositivo a fornecer, de forma sistemática, dados vitais de um ser humano com um método completamente não-intrusivo. Os circuitos integrados que compõem a *Smart Shirt* estão preparados para recolher informação sobre a temperatura, ritmo cardíaco e o ritmo de respiração de quem veste. Adicionalmente, pode ser instalado um microfone para transmitir dados de voz sobre as localizações de monitorização. Sensores adicionais podem ser facilmente integrados na estrutura. O núcleo da *Smart Shirt* denomina-se *Smart Shirt controller*, o qual tem como função transformar em informação os dados vitais recolhidos e enviando para um repositório de dados. A ideia original de incorporar sensores em vestuário foi também utilizada por uma equipa do Georgia Institute of Technology. Os frutos desta pesquisa levaram precisamente ao desenvolvimento da *Smart Shirt* [9]. A primeira *Smart Shirt* foi desenvolvida pela Sensatex e monitorizava o batimento cardíaco, temperatura e movimentos do tronco. Após o desenvolvimento da *Smart Shirt* uma outra empresa na mesma área de negócio, a VivoMetrics, desenvolveu a LifeShirt que consiste numa camisa confortável e lavável que monitoriza mais de 30 sinais vitais, como por exemplo respiração, pressão arterial, postura e ECG (Eletrocardiograma). Após o sucesso deste último produto, o Massachusetts Institute of Technology desenvolveu a MITHril através de uma arquitetura que combina *hardware* e *software*. O *hardware* engloba a rede de sensores integrada na roupa enquanto o *software* é uma combinação de interfaces com o utilizador e ferramentas de aprendizagem para a máquina em Linux. Esta arquitetura foi já utilizada em plataformas móveis para demonstrar que padrões de conversa frente a frente, dentro do ambiente de trabalho, podem melhorar o desempenho da organização [10]. A arquitetura da *Smart Shirt* para um sistema ubíquo de monitorização de saúde consiste numa rede de sensores wireless na camisa. Estes sensores estão ligados via WiFi a um terminal, que poderá ser um PC, para onde são enviados os dados vitais de cada utente que utiliza a *Smart Shirt*. Os sensores da *Smart Shirt* possuem ainda capacidade de adquirir dados acelerómetro o qual é usado para detetar quedas dos pacientes que utilizam a *Smart Shirt*.

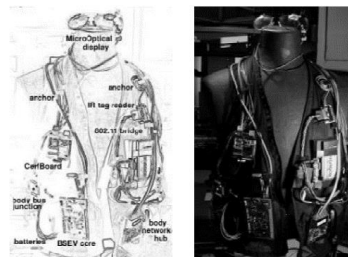


Figura 1 - MITHril, <http://www.media.mit.edu/wearables/mithril/>

d) Argot, a luva com um teclado

Argot consiste numa luva que permite a introdução de todos os caracteres de um teclado convencional. O desenho do acessório considera tanto vantagens como desvantagens, tais como destreza, feedback, mobilidade, velocidade de *input*, erros e *inputs* incorretos, conforto e experiência [11]. Este dispositivo visa responder ao desafio de permitir escrita em aplicações *wearable* sem ocupar totalmente as mãos. As abordagens anteriores necessitavam que o dispositivo estivesse preso de alguma maneira à mão do utilizador, como por exemplo o Twiddler, que consistia num dispositivo que permite a escrita apenas com uma mão e pode atingir 60 palavras por minuto [12]. Os objetivos do projeto Argot foram estabelecidos através de uma análise de potenciais tarefas completadas pelos utilizadores, fatores humanos e necessidades do utilizador [11]. Um fator importante no desenvolvimento do Argot foi o tipo de linguagem a ser utilizado. Para isto, foi tido em conta o processo de aprendizagem de cada linguagem: a linguagem de sinais americana, código Morse e o alfabeto de Lorm, porém, acabaram por ser descartadas pois a curva de aprendizagem era demasiado elevada. As linguagens mais familiares e universais utilizam teclados QWERTY e Dvorak mas acabaram por não ser opções viáveis pois requerem muitas teclas e demasiado espaço. As últimas linguagens a serem investigadas foram a T9/*Predictive* e a *multitap*: ambas utilizam um sistema de 9 teclas e podem ser usadas sem que seja necessário a aprendizagem de novas linguagens. *Multitap* permite que um clique tenha diversos *inputs* baseado no número de vezes que é pressionado enquanto T9 sugere o texto baseado na sequência de *inputs*. O Argot é referido como uma abordagem positiva para um acessório que não necessite de ser segurado. Aumenta a sua usabilidade através de feedback constante através do sentido tátil o utilizador [11].



Figura 2 Luva Argot (A Wearable One-Handed Keyboard Glove)

III. WEARABLE TECHNOLOGY – AREA DA SAÚDE

Como seria de esperar, à medida que a população envelhece aumentam as preocupações relativas à saúde. Isto levanta várias preocupações com impacto nos sistemas de saúde atuais visto que é cada vez mais difícil monitorizar todos os utentes e é cada vez mais difícil para estes se deslocarem a hospitais e centros de saúde. É, então, necessário o desenvolvimento progressivo de um método mais barato e mais eficaz para garantir o bom funcionamento do sistema de saúde e o acompanhamento dos pacientes. Os avanços em tecnologias de comunicação e em sistemas de informação permitem o desenvolvimento de sistemas capazes de enviar dados, nomeadamente sobre temperatura, ritmo cardíaco e pressão arterial. As aplicações de saúde *wireless*, utilizando uma rede de sensores sem fios, podem ajudar vários utentes ao permitir uma monitorização constante e não invasiva, e sem acompanhamento médico regular. Tal sistema não é, todavia, isento de problemas práticos, nomeadamente, os relacionados com a necessidade de uma constante ligação *wireless*, com elevado alcance de dados e níveis de confiabilidade. O *design* destes dispositivos é adaptado ao tipo de utente, sendo que cada utente poderá ter requisitos diferentes. Os principais requisitos para o desenvolvimento de um sistema de monitorização de saúde *wireless* passam pelo ciclo de vida da aplicação (A) e dispositivo, a recolha de *packages* (B), recolha de dados (C), tipos de transmissão de dados (D) e escalabilidade (E). Assim:

- A. O tempo de vida de um sensor *wireless* depende da sua utilização e o tipo de aplicação que usa. Com uma monitorização contínua é necessário que o sensor esteja sempre ativo pois pode ocorrer um evento a qualquer momento.
- B. Em aplicações de monitorização contínua em saúde não é essencial usar um mecanismo de recolha de *packages*, pois isto pode levar a perda de informação e existe um desperdício de recursos. Além disto a transmissão de *packages* requer mais memória do dispositivo.
- C. Um sistema de monitorização de saúde normalmente requer apenas um ponto de recolha de informação por isso deve-se adotar um método de recolha convergente.
- D. Existem duas possibilidades de transmissão de dados. Um meio contínuo e outro não contínuo. Este último apenas realiza a troca de dados quando estes são requisitados pela equipa de monitorização enquanto o meio contínuo requer uma transição de dados em permanência.
- E. A rápida transição de dados é um dos aspetos fulcrais de qualquer sistema de monitorização. Assim, é importante que os protocolos de encaminhamento sejam bem definidos. Em redes de monitorização de saúde os dados são recolhidos a ritmos diferentes e são normalmente diferentes pelo que é necessário garantir uma arquitetura que permita um grande número de sensores.

Um sistema de saúde ubíquo é construído à volta do conceito de inserir sensores não invasivos no corpo humano de modo a formar uma rede de ligação sem fios. As redes de sensores pessoais tornam possível uma monitorização contínua em

qualquer lugar e permitem notificar clínicas ou hospitais próximos em caso de emergência. Os parâmetros obtidos pelos sensores associados aos pacientes podem ser visualizados através de um computador (ou, no passado, num PDA) usando protocolos TCP/IP ou IEEE 802.11. A *base-station* é um dispositivo com a capacidade de receber dados dos sensores *wireless* utilizando ondas radio e posteriormente enviar esses dados para uma unidade móvel utilizando TCP/IP ou IEEE 802.11. Descrevem-se, de seguida, alguns desses sistemas e a sua aplicabilidade em saúde.

a) *UbiMon – Projeto de monitorização ubíqua utilizando wearable sensors*

Um exemplo de um sistema de saúde ubíquo foi implementado no Imperial College de Londres [13]. O projeto tinha como objetivo fornecer um meio contínuo e não invasivo de monitorização de eventos fatais. Para este efeito foi utilizado um cartão que estava inserido num PDA e onde eram recebidos os dados provenientes dos sensores corporais. O PDA, para além de ajudar no processamento de dados, também servia para envio via *wireless* para um servidor central onde, posteriormente, os dados iriam ser analisados por técnicos especializados.

Um dos fatores críticos de uma aplicação na área da saúde é a confiabilidade da transmissão dos dados de saúde/dados médicos. Num sistema de transmissão de dados ideal o *bit error rate* do lado do recetor pode ser afetado por barulho, interferências ou distorções. Uma aplicação de saúde tem um ciclo dinâmico em comparação com aplicações de monitorização de *habitats*. Em aplicações de monitorização de saúde ubíqua o fator a ser medido consiste na vida humana, por isso os métodos de transmissão de dados devem ser analisados antes de serem implementados. Até agora, alguns estudos propuseram para um método de transmissão confiável de dados utilizando os métodos *acknowledgment* ou *negative acknowledgement*. Este método é normalmente utilizado para recuperar erros e perdas de *packages* [13].

b) *CardioNet*

Nos Estados Unidos, a CardioNet foi a primeira fornecedora de um sistema que, através de *wearable sensors*, monitorizava o batimento cardíaco e o ECG. Os dados recolhidos eram enviados para o centro de monitorização da CardioNet, o qual funcionava 24 horas por dia com técnicos especializados. Num estudo clínico, o sistema móvel da CardioNet detetou arritmias graves em 53% dos pacientes que previamente tinham sido monitorizados por um Holter [14].

c) *Wearable Patches e Sensor Pill*

O Jet Propulsion Laboratory da NASA realizou investigação em protótipos de pensos incorporados com sensores com o objetivo de gravar dados fisiológicos durante um longo período de tempo. Estes sensores não invasivos consistiam em unidades bio-tele-métricas em miniatura as quais aparentavam ser um adesivo. Eram desenhados para comunicar com um aparelho de leitura denominado Readout Unit. Estes pensos continham sensores micro-eletromecânicos não invasivos integrados com circuitos eletrónicos que transmitiam um sinal radio-controlado pelo sensor de output.

O penso não continha bateria: em vez disso continha um circuito para extrair energia de um sinal rádio durante uma operação de leitura. Para esta operação, o aparelho era colocado perto do penso e os sensores do Wearable patch mediam a temperatura, ritmo cardíaco, pressão arterial e outros parâmetros fisiológicos. Após este trabalho a NASA iniciou o Sensor 2000, um programa dedicado ao desenvolvimento sensores avançados e sistemas biométricos. Dentro destes projetos destacou-se a *Senso Pill*, um comprimido que podia ser engolido e monitorizava o estado do aparelho digestivo e de outros órgãos adjacentes.

d) *Sense Wear*

Outro acessório de *wearable technology* é a *SenseWear Armband*, um produto desenvolvido pela *BodyMedia*. Consiste numa bracelete com uma ligação *wireless* e com sensores que monitorizam a temperatura do corpo, o movimento, temperatura da pele, temperatura ambiente e ritmo cardíaco. A *SenseWear Armband* contém um *acelerómetro* de 2 eixos, sensores de temperatura que são aqueles que permitem monitorizar as oscilações de temperatura, temperatura da pele e a temperatura ambiente e recebe a informação relativa aos batimentos cardíacos através de um *Polar*. Este *Polar* consiste numa banda colocada em volta do peito e permite a monitorização, em tempo real, do batimento cardíaco através de um relógio. A *SenseWear Armband* funciona até 3 dias sem precisar de ser recarregada e tem capacidade de armazenamento de dados até 5 dias. Existe software que permite a integração de alertas de áudio e metas a atingir. A habilidade de fornecer uma comunicação bidirecional faz com que a *SenseWear Armband* sirva como um ponto central para recolher dados vindo de outros dispositivos [10].



Figura 3- *SenseWear Armband* da *BodyMedia*, www.microstarins.com

e) *Google Glass*

Desde o lançamento do *Google Glass*, a comunidade médica começou de imediato a procurar aplicações práticas para o dispositivo, sendo tidos como os profissionais que se podem classificar como “*early adopters*” designação que se refere ao facto estes consumidores serem os primeiros a adotar uma determinada tecnologia, tendo a comunidade médica sido alertada para se preparar para o futuro onde a informação vital fica disponível instantaneamente [15]. Algumas das aplicações a explorar passam pela monitorização à distância dos utentes, visualização de relatórios a meio de uma consulta sem perder a concentração no utente e a capacidade de transmitir cirurgias em direto para estudantes de medicina. Um dos primeiros hospitais a realizar um *test drive* utilizando o *Google Glass* foi o *Hartford Hospital* (*Connecticut*, *EUA*). Os testes consistiam

num grupo de médicos de resposta rápida que prestavam serviços médicos num grupo de teste composto por manequins designados para exercícios médicos enquanto tinham acesso a toda a informação instantaneamente. Um segundo grupo monitorizava sinais vitais, medicação, relatórios de laboratório e falhas de equipamento. Após este teste concluiu-se a possibilidade de existir um sistema central que recolhe e fornece informação em tempo real de e para os dispositivos. O *Google Glass* também é referido como um dispositivo inovador na área da educação de novos estudantes de medicina. A maior vantagem referida passa pela visualização de diversas operações pela perspetiva do cirurgião em alternativa à presença em sala de operações. Em junho de 2013, o médico *Rafael Grossman*, utilizou *Google Glass* para filmar uma operação realizada por ele enquanto numa sala ao lado dois estagiários assistiam, tornando-se, assim, no primeiro registo médico conhecido a usar esta tecnologia com esta aplicação. Mais tarde utilizou esta tecnologia para realizar uma simulação da mesma operação mas realizando-a à distância [16]. Apesar de apresentar inúmeras vantagens e possibilidades, é de esperar que a adesão ao *Google Glass*, por parte dos hospitais, seja lenta consequência da necessidade de transformação digital: os hospitais levarão tempo a digitalizar todas as suas bases de dados, aspeto fundamental para que a utilização de *Google Glass* seja plena. Outro inibidor do desenvolvimento passa pela incompatibilidade com alguns instrumentos, nomeadamente, desfibriladores e bombas de infusão, bem como a bateria do *Google Glass* que tem apenas 45 minutos de autonomia em modo gravação. Todavia, o aspeto mais limitativo na adoção continua a estar relacionado com a necessidade de conformidade com os regulamentos hospitalares: o *Google Glass* não pode ser utilizado porque a informação por ele processada entraria nos servidores *Google* [16]. Outra ordem de problemas diz respeito à esfera jurídica: a tecnologia avança exponencialmente e a regulamentação não acompanha este progresso sendo previsível que possa acontecer mas tal ainda demorará algum tempo [15].

IV. APLICAÇÕES CLÍNICAS

Devido aos avanços recentes na tecnologia na área da comunicação em saúde, hoje em dia é possível a monitorização permanente e a longo prazo de pacientes, estando a *wearable technology* destinada a fornecer, a técnicos especializados e a médicos, novas ferramentas para gerir condições médicas dependentes apenas na observação e recolha de dados num ambiente comunitário e familiar [10]. São agora apresentadas algumas situações onde a *wearable technology* é utilizada como sistema de monitorização à distância na área da Saúde.

a) *Uso da Wearable Technology na reabilitação de pacientes que sofreram AVC*

Um *AVC* consiste numa rotura de um vaso sanguíneo do cérebro, afetando as capacidades cognitivas, de perceção, de linguagem e motoras. Em Portugal, em 2012, cerca de 13.020 pessoas foram vítimas mortais de *AVCs* [18]. A recuperação e um *AVC* é um processo lento e longo que continua para além do hospital, sendo guiada pela avaliação clínica das capacidades motoras do paciente. A *Telereabilitação* tem o

potencial de facilitar este processo ao estender a terapia motora para além daquela efetuada dentro do ambiente clínico. Uma análise precisa das capacidades motoras é fundamental para a seleção da melhor terapia para o paciente. Esta análise é baseada na observação do comportamento da capacidade motora. *Wearable Sensors* podem ser utilizados para fornecer dados precisos sobre as capacidades motoras num ambiente familiar (em casa do paciente). Alguns autores realizaram um estudo utilizando um *etextile* em formato de luva, referido como *data glove*, incorporado com *acelerómetros* [10]. A *data glove* tinha o objetivo monitorizar movimentos e facilitar a implementação de terapia física com base no uso de vídeo jogos. Os *acelerómetros* foram utilizados para prever a qualidade de movimento sendo medidas a velocidade, amplitude de movimento e suavidade dos gestos monitorizando as ações de agarrar e largar utilizando vídeo jogos, tendo sido provado que as *wearable technologies* utilizadas são adequadas a este tipo de tratamento.

b) Tratamento de Parkinson

A doença de Parkinson (PD) é a segunda doença neurodegenerativa mais comum na meia-idade. Em 2005, aproximadamente 4 milhões de pessoas foram diagnosticadas com esta doença e estima-se que esse número cresça para mais de 9 milhões em 2030 [19]. Afeta a capacidade motora tal como a capacidade de discurso. O sistema Echwear foi desenvolvido para recolher e analisar dados através de diversos exercícios de discurso para pacientes com PD [19]. Consiste num sistema de monitorização de discurso com o auxílio dos sensores e aplicações de *smartwatches*. A monitorização pode ser feita através de um *smartphone* ou de um *tablet*. Basicamente considera-se que o *smartwatch* é uma extensão do *smartphone* que fornece a oportunidade para os utilizadores de responder instantaneamente a atividades dos seus *smartphones*. Os pacientes com PD usam um *smartwatch* moderno com *Android* o qual recebe comandos do *smartphone* ou *tablet* para iniciar a gravação, através do microfone incorporado no *smartwatch*. Para este sistema foi desenvolvida uma arquitetura *Wearable IoT* que permite uma ligação sem limitações de dispositivos *Android* a outros *wearable devices*. Ao iniciar a gravação dos dados, estes são transmitidos pelo *smartwatch* através de Bluetooth, sendo convertidos posteriormente em áudio. Bonato (2009) efetuou um estudo para a monitorização de pacientes diagnosticados com PD utilizando *wearable sensors* [10]. Consistia na realização de movimentos pelos pacientes utilizando um acelerómetro com sensores nas extremidades do corpo. O objetivo passou por prever os níveis de bradykinesia, dyskinesia e vibrações derivadas dos dados dos acelerómetros que mediam intensidade, periodicidade e coordenação de movimentos, indicadores associados à doença. O estudo concluiu que é possível realizar uma previsão de sintomas de PD com uma taxa de erro dentro de parâmetros aceitáveis.

V. CONCLUSÕES

As *Wearable Technologies* apresentam inúmeras vantagens na área saúde pela sua capacidade de monitorização de utentes sem que seja necessária deslocação a um centro médico,

reduzindo custos de transportes e outras ineficiências. Através desta monitorização é possível prever alguns eventos fatais tais como ataques de coração e quedas especialmente em casos de pessoas idosas ou com mobilidade reduzida (caso dos doentes de Parkinson). O uso destas tecnologias também pode ajudar a libertar espaço e recursos em alguns hospitais, limitando o tempo de internamento. Porém, as *Wearable Technologies* são ainda produtos e sistemas inovadores pelo que é apresentada alguma resistência à sua adoção quer parte dos hospitais e clínicas, quer por parte dos pacientes. Nem sempre estes últimos, principalmente os mais idosos, aceitam mudanças nas suas rotinas diárias. Nas limitações ao aumento da utilização inclui-se a necessidade de adaptação por parte dos sistemas informáticos dos hospitais para os novos equipamentos. A *Wearable Technology* representa um dos caminhos para a evolução na área da saúde embora se constate ainda pouca exploração e um número reduzido de testes práticos para apoiar a implementação da *Wearable Technology*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Ahmadi, D. Rowlands, and D. A. James, "Towards a wearable device for skill assessment and skill acquisition of a tennis player during the first serve," *Sport. Eng.*, vol. 2, no. 3-4, pp. 129-136, 2010.
- [2] D. Hyun, S. Member, J. Hong, S. Bin Lee, S. Member, K. Kim, E. J. Wiedenbrug, M. Teska, and S. Nandi, "Pr E oo f Pr E oo f," vol. 47, no. 3, pp. 1-20, 2015.
- [3] C. S. Lin and I. T. Lee, "Applying multiple description coding to enhance the streaming scalability on CDN-P2P network," *Int. J. Commun. Syst.*, vol. 23, no. 5, pp. 553-568, 2010.
- [4] S. Mann, "Smart clothing: the shift to wearable computing," *Commun. ACM*, vol. 39, no. 8, pp. 23-24, 1996.
- [5] S. Mann, "Wearable computing: A first step toward personal imaging," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, vol. 30, no. 2, pp. 25-32, 1997.
- [6] S. Mann, "Through the glass, lightly [viewpoint]," *IEEE Technol. Soc. Mag.*, vol. 31, no. 3, pp. 10-14, 2012.
- [7] I. E. Sutherland, "A head-mounted three dimensional display," *Proc. December 9-11, 1968, fall Jt. Comput. Conf. part I - AFIPS '68 (Fall, part I)*, p. 757, 1968.
- [8] R. T. Azuma, "PRES_6_4_Azuma_web," pp. 355-385, 1997.
- [9] P. Bonato, "Clinical applications of wearable technology," *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.*, vol. 2009, pp. 6580-6583, 2009.
- [10] P. Bonato, "Advances in wearable technology for rehabilitation," *Stud Heal. Technol. Inf.*, vol. 145, pp. 145-159, 2009.
- [11] A. Peshock, L. E. Dunne, and J. Duvall, "Argot," *2014 ACM Int. Symp.*, pp. 87-92, 2014.
- [12] K. Lyons, T. Starner, D. Plaisted, J. Fusia, A. Lyons, A. Drew, and E. W. Looney, "Twiddler typing: one-handed chording text entry for mobile phones," *Proc. 2004 Conf. Hum. factors Comput. Syst. - CHI '04*, vol. 6, no. 1, pp. 671-678, 2004.
- [13] Y. Lee, *Wireless vital signs monitoring system for ubiquitous healthcare with practical tests and reliability analysis*. 2010.
- [14] S. Kumar, K. Kambhatla, F. Hu, M. Lifson, and Y. Xiao, "Ubiquitous computing for remote cardiac patient monitoring: a survey," *Int. J. Telemed. Appl.*, vol. 2008, no. iv, p. 459185, 2008.
- [15] W. Glauser, "Doctors among early adopters of Google Glass," *Can. Med. Assoc. J.*, vol. 185, no. 16, pp. 1385-1385, 2013.
- [16] O. J. Muensterer, M. Lacher, C. Zoeller, M. Bronstein, and J. Kübler, "Google Glass in pediatric surgery: An exploratory study," *Int. J. Surg.*, vol. 12, no. 4, pp. 281-289, 2014.
- [17] D. . Chen, D. . Chen, T. . Zhang, M. . Lawo, Y. . Gu, and Y. . Zhang, "A smart scarf for pulse signal monitoring using a flexible pressure nanosensor," *Proc. - Int. Symp. Wearable Comput. ISWC*, pp. 237-242, 2014.
- [18] Direção Geral da Saúde, "A Saúde dos Portugueses. Perspetiva 2015," pp. 1-136, 2015.
- [19] H. Dubey, J. C. Goldberg, M. Abtahi, and L. Mahler, "EchoWear: Smartwatch Technology for Voice and Speech Treatments of Patients with Parkinson's Disease," 2015.

Diseños de Métodos de Comunicación Virtuales para Personas con Discapacidad Sensorial

Virtual Methods Communication For People With Sensory Disability

Dr. Diego Leonardo Heredia

Universidad Nacional de Catamarca
Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas
San Fernandodel Valle de Catamarca, Argentina
clases.diego@gmail.com

Dr. Manuel Pérez Cota

Universidad de Vigo
Rúa Torrecedeira 86; 36208 -Vigo, España
mpcota@uvigo.es

Resumen — La educación en el desarrollo de toda persona es indispensable, ya que mejora la participación en la vida social, cultural y política de la sociedad. Es fundamental que la educación se apoye en ciencias como la informática, la pedagogía y la comunicación, permitiendo reforzar el proceso de enseñanza y aprendizaje procurando hacer el proceso educativo más atractivo, entretenido y dinámico. El objetivo de este trabajo es mostrar los resultados obtenidos en la investigación donde se ve reflejado el aumento de la motivación en niños con discapacidad auditiva, que oscilan entre los 4 a 14 años de edad a través de los recursos multimedia y, con los que fue posible mejorar las competencias lingüísticas, a través de la realización de tareas repetitivas de entrenamiento, abriendo a las personas con discapacidad auditivas una puerta hacia la integración y a la autonomía personal en el aprendizaje y el acceso a la información.

PalabrasClave—Accesibilidad; discapacidad auditiva; integración; Comunicación Universal.

Abstract — Education, in the development of every person is vital, due to the fact that improves participation in social, cultural and political life of society. It is essential that education takes support on sciences as computing, pedagogy and communication, allowing to reinforce the teaching and learning process trying to do it more attractive, entertaining and dynamic. The objective of this study is to show the result of the research where increased motivation in children with hearing disability, ranging from 7-14 years old, it was possible to improve the linguistic skills, allowing to perform repetitive training tasks, opening for people with hearing disabilities a door towards integration and personal autonomy in learning and access to information.

Keywords—Accessibility; Hearing Disability; Integration; Universal Communication.

I. INTRODUCCIÓN

Desde una perspectiva educativa los alumnos y alumnas con discapacidad auditiva se suelen clasificar en dos grandes

grupos: los hipoacúsicos y los sordos profundos. Los hipoacúsicos son alumnos con audición deficiente que, no obstante, les resulta funcional para la vida diaria, aunque necesitan el uso de prótesis. Este alumnado puede adquirir el lenguaje oral por vía auditiva. Son sordos profundos los alumnos y alumnas cuya audición no es funcional para la vida diaria y no les posibilita la adquisición del lenguaje oral por vía auditiva. Un niño o niña es considerado sordo profundo si su pérdida auditiva es tan grande que, incluso con una buena amplificación, no es posible un aprovechamiento de los restos que tiene de audición. La visión se convierte en el principal lazo con el mundo y en el principal canal de comunicación.

En general, se habla de alumnos y alumnas con pérdidas auditivas leves, medias, severas o profundas. En la deficiencia auditiva leve, el umbral de audición se sitúa entre 20 y 40 decibelios y en condiciones normales puede pasar desapercibida. La deficiencia auditiva media tiene un umbral que se sitúa entre 40 y 80 decibelios, se puede adquirir la oralidad (o capacidad oral) por vía auditiva, si se cuenta con una buena prótesis.

Aparecen déficits más importantes a medida que el umbral se sitúa o supera los 70 decibelios y, se hace necesario optimizar las condiciones receptoras de su vía auditiva mediante una prótesis bien adaptada, estimulación auditiva y apoyo logopédico. Una deficiencia auditiva es severa cuando el umbral está entre 70 y 90 decibelios y sólo puede percibir algunas palabras amplificadas. El proceso de adquisición del lenguaje oral no se realizará de forma espontánea, por lo que será imprescindible la intervención logopédica para lograr un habla inteligible y un lenguaje estructurado y rico en vocabulario. Cuando el umbral auditivo es superior a 90 decibelios estamos ante una deficiencia auditiva profunda. No pueden percibir el habla a través de la audición. Necesitan la ayuda de códigos de comunicación alternativa.

Cuando no tienen otras deficiencias asociadas, los niños y niñas sordos tienen una capacidad intelectual similar a la que poseen los que oyen, aunque su desarrollo cognitivo puede verse limitado, en algunos casos, por sus dificultades lingüísticas, la regulación del comportamiento, los sentimientos de inseguridad y las dificultades en sus relaciones sociales, ocasionadas por el desconocimiento de las normas sociales, que son también una consecuencia de las limitaciones en el lenguaje.

II. QUE ES LA DISCAPACIDAD AUDITIVA

Unos de los más grandes y graves problemas que puede sufrir una persona es la deficiencia del lenguaje, porque a través de ella el ser humano se comunica, conoce su pasado, puede analizar, interpretar y comprender su presente y, consiguientemente, proyectarse hacia el futuro como individuo y ser social.

Hoy en día se conoce por discapacidad auditiva lo que generalmente se ha considerado como sordera, también es utilizada para referirse a todos los tipos y grados de pérdida auditiva y por lo general es usada como sinónimo de deficiencia auditiva e hipoacusia. “La deficiencia de la capacidad auditiva” es un término amplio que comprende toda una serie de discapacidades que van desde lo superficial hasta lo más profundo. El problema que muestra un sordo profundo para su educación es totalmente diferente del que solo sufre hipoacusia [1] ya que en el primer grupo la pérdida de audición que posee es tan importante que no se beneficia de aparatos de amplificación.



Figura 1. Discapacidad auditiva

A. Causas de Pérdidas Auditivas

La pérdida auditiva puede deberse a tres causas fundamentales

1) Causas en el Oído Externo

Habitualmente las dificultades en el oído externo son ocasionadas por abundantes acumulaciones de ceras e infecciones en el conducto auditivo. Estos problemas suelen ser de fácil solución, siempre y cuando la atención sea rápida y la adecuada para evitar daños en la audición.

2) Causas en el Oído Medio

En el oído medio el inconveniente que surge con mayor frecuencia es la presencia de líquido, inflamación o una infección por detrás del tímpano, perforaciones o rupturas del tímpano y la presencia de un hueso esponjoso anormal que crece en el oído medio llamado otosclerosis. Este crecimiento impide que el oído vibre en respuesta a las ondas sonoras, siendo estas necesarias para que uno pueda oír. En la mayoría de los problemas del oído externo y medio puede llegar a ser temporal y se cura por medio de un tratamiento médico adecuado ya sea por medicación o por cirugía. Esta pérdida también se puede llegar a corregir con un audífono o un implante.

3) Causas en el Oído Interno

En el caso del oído interno la mayoría de los problemas resultan ser por daños en sus estructuras causando la pérdida de audición, siendo aquí la causa más frecuente el desgaste natural de la edad, la exposición a sonidos fuertes, sufrir fracturas en la cabeza, el excesivo consumo de tabaco y de alcohol, y algunos medicamentos que son de uso común, por su bajo precio, también llegan a afectar negativamente la capacidad auditiva de las personas.

La sordera del oído interno no tiene tratamiento médico pero en la mayoría de los casos con el apoyo de audífonos pueden llegar a corregirse.

La pérdida auditiva ocasionada por una lesión en el oído externo o medio se la denomina pérdida auditiva conductiva.

Cuando la lesión se ubica en el oído interno, recibe el nombre de pérdida auditiva neurosensorial y la combinación de ambas se la conoce como pérdida auditiva mixta.

B. Problemas Frecuentes con las Pérdidas Auditivas

1) Tinnitus u Acúfenos

Son ruidos producidos por el oído interno, que las personas escuchan cuando no se presenta un sonido físico externo.

Las personas afectadas describen el sonido que perciben como un campanilleo, silbido, golpes, ruido de lluvia, pitido, zumbido grave o agudo, ronroneo, siseo, cantar de grillos o un clic, que se presenta de manera constante y en otros como un fenómeno intermitente.

Se dice que es subjetivo cuando el sonido lo percibe solamente la persona afectada y no las personas que la rodean, dicha percepción puede ser en uno o en los dos oídos o más bien en la cabeza. Mientras que otros con menos frecuencia son objetivos, ya que son percibidos tanto por la persona afectada y también por otras personas, ya sea acercándose o con el uso de un estetoscopio.

Pueden ser de tonalidad grave o aguda. Los de tono grave, tienen su origen en el oído medio, habitualmente son cambiantes, pueden o no estar permanentemente y son tratables ya sea a través de medicamentos o de manera quirúrgica. Los de tono agudo, tienen su origen en el oído interno, no son cambiantes y generalmente son permanentes. Habitualmente no tienen tratamiento o el mismo no es tan eficaz, a excepción de los causados por enfermedad de

Ménière (trastorno del oído interno que afecta el equilibrio y la audición).

III. ASPECTOS DIFERENCIALES EN LAS DISTINTAS AREAS DEL DESARROLLO

Los niños y niñas con problemas auditivos no tienen necesariamente que presentar déficits en su capacidad intelectual si bien su evolución se enfrenta con problemas derivados de las dificultades para adquirir e interiorizar el lenguaje, ya que la discapacidad auditiva repercute directamente sobre el proceso de adquisición y desarrollo del mismo en ellos. La deficiencia en uno de los canales sensoriales tan importante como la audición en el desarrollo de la conducta adaptativa, provoca en los individuos una importante pérdida en la estimulación general.

La sordera afecta a la generación y desarrollo de las representaciones fonológicas (representaciones mentales, basadas en sonidos y/o grupos fonológicos del habla). Aunque la percepción del habla a través de la audición no es la única fuente de representación fonológica, sí es la principal. No obstante, el sordo tiene otras vías de acceso a las rutas fonológicas (dactilología, lectura labiofacial, ortografía, etc.), pero todas ellas son incompletas. En su conjunto, el desarrollo fonológico de la persona sorda expuesto sólo a nivel de lectura labiofacial, es muy incompleto debido a las ambigüedades de ésta.[13]

Para resolver este problema se han desarrollado sistemas como la "Palabra Complementada", para que el significado del mensaje oral pueda ser percibido a través de la vista con mayor claridad por las personas con discapacidad auditiva

Los niños y niñas sordos no desarrollan el lenguaje de forma espontánea, su adquisición y desarrollo es fruto de un aprendizaje intencional mediatizado por el entorno; así los niños y niñas sordos de padres y madres oyentes aprenden el lenguaje oral que se utiliza en su entorno familiar y los de padres y madres sordos aprenden de forma natural el lenguaje de signos. En algunos casos, adquieren simultáneamente el lenguaje oral y el de signos. [14]

Según algunos autores, Torres, Urquiza, Santana y Marchesi, la adquisición del lenguaje de signos puede iniciarse precozmente a través de los primeros gestos naturales con significación. Se trata de gestos comparables, por sus características y función, a las primeras palabras en los oyentes. La transparencia de los primeros signos, con un carácter icónico, favorece el enlace con el significado de una forma más directa que las palabras, cuya conexión es más convencional.

El retraso en el vocabulario se debe, en parte, al lento desarrollo fonológico, pero también al tipo de estimulación y tratamiento del lenguaje que han recibido, en algunos casos más centrados en la forma de la palabra que en su contenido. Por tanto es muy importante estimular a los bebés sordos a realizar sus emisiones orales con significado diferenciado, incluso en las situaciones de una defectuosa reproducción fonológica.

Las primeras limitaciones en la evolución intelectual de los niños y niñas sordos se manifiestan en el juego simbólico, que se desarrolla más tardíamente y con mayor limitación debido a unas relaciones sociales y comunicativas restringidas.[15]

La autorregulación y la planificación de la conducta, la capacidad de anticipar situaciones y el control ejecutivo de sus propios procesos cognitivos son dimensiones en las que el lenguaje ocupa un papel prioritario, por este motivo este alumnado presenta mayores retrasos y dificultades en la adquisición de estas conductas.

La adquisición de conocimientos también está muy relacionada con la capacidad de recibir información y elaborarla adecuadamente. Los niños y niñas sordos, al recibir menos información, tienen mayores dificultades para adquirir estos conocimientos.

Estos problemas también se extienden a la lectura de textos escritos.

Las Necesidades Educativas Especiales de los Alumnos con Discapacidad Auditiva

En mayor o menor medida, según los casos, y como consecuencia de las repercusiones de la discapacidad auditiva en las distintas áreas de desarrollo citadas en el apartado anterior, las necesidades educativas de este alumnado pueden concretarse en las siguientes:

- 1) La adquisición temprana de un sistema de comunicación, ya sea oral o signado, que permita el desarrollo cognitivo y de la capacidad de comunicación y que favorezca el proceso de socialización.
- 2) El desarrollo de la capacidad de comprensión y expresión escrita que permita el aprendizaje autónomo y el acceso a la información.
- 3) La estimulación y el aprovechamiento de la audición residual y el desarrollo de la capacidad fonoarticulatoria.
- 4) La construcción del autoconcepto y la autoestima positivos y el desarrollo emocional equilibrado.
- 5) La obtención de información continuada de lo que ocurre en su entorno y de normas, valores y actitudes que permitan su integración social, en su caso, por vías complementarias a la audición.
- 6) La personalización del proceso de enseñanza y de aprendizaje mediante las adaptaciones del currículo que sean precisas, el empleo del equipamiento técnico para el aprovechamiento de los restos auditivos, el apoyo logopédico y curricular y, en su caso, la adquisición y el uso de la lengua de signos.

Las capacidades de **atención y percepción, visual y auditiva**, juegan un importante papel en el proceso de adquisición del código de comunicación. La elección del mismo va depender, en gran medida, de las posibilidades perceptivas por ambas vías. En el proceso educativo del niño o la niña sordos se ha de "rentabilizar al máximo la vía auditiva, con las ayudas técnicas,... y con los apoyos visuales" [2]"La **memoria visual** se relaciona con los primeros estadios de la

formación de conceptos, que comienzan con la toma de conciencia de la permanencia del objeto, es decir, el niño o la niña comprende que los objetos siguen existiendo, incluso cuando ya no los percibe de manera inmediata” [2]. La memoria visual hará posible la lectura labiofacial y el aprendizaje de los signos de la Lengua de Signos [2] [11].

La **percepción táctil y vibratoria** es otra capacidad que complementará las posibilidades de exploración y de comprensión del mundo por la persona con discapacidad auditiva. La reacción ante determinadas vibraciones y la posibilidad de asociar éstas a lo percibido por vía auditiva mejorarán el conocimiento de la sonoridad y permitirán, progresivamente, tener un otro referente sobre el sonido y la voz humana durante las sesiones de trabajo con el lenguaje oral (colocar la mano del niño o la niña sobre la garganta, las mejillas o el pecho del padre, la madre o el maestro o maestra especialista).

El conocimiento y la significación del mundo se completan con la información procedente de otros sentidos: el tacto, el gusto, la información propioceptiva y kinestésica. El proceso de integración multisensorial ha de formar parte de los programas de intervención temprana y de atención educativa especializada que se lleven a cabo durante la educación infantil.

Los factores del entorno socio-educativo.

Cuando se aborda el caso de un alumno o alumna con necesidades educativas especiales, es importante conocer qué factores del entorno social y familiar favorecerán su desarrollo y su aprendizaje y cuáles pueden ser optimizados para que contribuyan al mismo fin. El grado de compromiso familiar, las posibilidades de tiempo para apoyar y estimular al niño o a la niña, la coordinación y colaboración con los profesionales sanitarios y con la escuela, los recursos culturales y de otro orden con los que se cuenten, serán determinantes para la trayectoria de cada caso.

Otro aspecto importante está relacionado con la posibilidad de que las familias puedan recibir apoyo de otros padres con experiencia en la educación de un hijo o hija sordo. Estos apoyos se encuentran en las diferentes asociaciones que representan a las personas con discapacidad o a sus familias. Las entidades representativas acercan a las familias y a las personas sordas determinados recursos de apoyo y estimulación logopédica o educativa, a los que individualmente es difícil acceder.

IV. ANALISIS DEL RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA

Presentamos los resultados obtenidos a partir de las entrevistas y cuestionarios a docentes y alumnos, de la escuela especial nº31 “María Luisa Sesin” (como centro de pruebas) el universo de la muestra fue de 6 profesores y 15 alumnos, en donde se realizaron preguntas abiertas para los docentes y preguntas cerradas para los alumnos.

TABLA I. PREGUNTAS A DOCENTES

<i>Preguntas</i>	<i>Respuestas</i>
¿Qué opina con	Los profesores opinaron que es

<i>Preguntas</i>	<i>Respuestas</i>
respecto a la utilización del Software en la Enseñanza?	una herramienta muy útil e indispensable hoy en día para el proceso de enseñanza aprendizaje ya que ofrece una alternativa de solución totalmente moderna y didáctica para los estudiantes
¿Conoce o ha utilizado algún tipo de software destinado a la enseñanza de los estudiantes sordos?	Los docentes de la institución María Luisa Sesin no conocían ni han utilizado ningún tipo de software educativo
¿Conoce de algún proyecto que se esté llevando a cabo en la actualidad para el desarrollo de un software educativo para los estudiantes sordos?	Manifestaron no tener conocimientos de que exista algún proyecto en la actualidad
¿Usted cree que un Software Educativo ayudaría al aprendizaje de los niños sordos?	Los profesores expresaron que sí ayudaría, pues a los niños les atrae demasiado todo lo relacionado a la tecnología.
¿Usted cree que es necesario que se desarrolle un Software Educativo destinado a la enseñanza de los estudiantes sordos?	Dijeron que sí es necesario , pues actualmente los niños deben estar preparados para enfrentar una sociedad cada vez más informatizada y poder abrir un abanico de posibilidades a la hora de seguir estudiando y aprendiendo.
¿Usted cree que al desarrollar un software destinado a los estudiantes sordos de esta institución se lo utilizaría?	Los docentes expresaron sin dudar que sí, ya que la institución educativa dispone de los recursos tecnológicos suficientes y apropiados, para trabajar con un software destinado a los niños sordos.
¿Estaría dispuesto en ayudar en el desarrollo del software?	Los profesores se mostraron muy contentos y ansiosos en aportar todo lo necesario para que el material didáctico se desarrolle de la mejor manera y que sea adaptado a la necesidades de los niños sordos de dicha institución.
¿Qué contenidos cree usted que debería tener el software?	Los docentes opinaron que les gustaría que el software disponga de: muchos colores, animaciones, videos, imágenes y juegos. Y en todos los casos que se puedan repetir varias veces.

TABLA II. PREGUNTAS A ALUMNOS DE LA ESCUELA ESPECIAL MARIA LUISA SESIN

Encuestado		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total	Porcentaje
Preguntas	Para dar las clases el profesor utiliza:	LIBROS DE TEXTO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	67%
		JUEGOS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	--	--	2	13%
		SOFTWARE EDUCATIVO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
		LAMINAS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X	3	20%
		OTROS MATERIALES	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
	SIEMPRE	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%	
Para dictar las clases los profesores utilizan la sala de computación:	CASI SIEMPRE	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%	
	MUY RARA VEZ	X	X	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2	13%	
	NUNCA	--	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	87%
¿Le gustaría que las clases se realicen en la sala de computación?	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	100%
	NO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
Para desarrollar las actividades usted utiliza más:	LIBROS, REVISTAS, DIARIOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	12	80%
	INTERNET, ENCICLOPEDIAS MULTIMEDIA	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X	3	20%	
	OTROS	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%	
¿Si existiera un software Educativo lo utilizaría?	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	100%
	NO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
¿Le gustaría que el Software tenga juegos?	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	100%
	NO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%

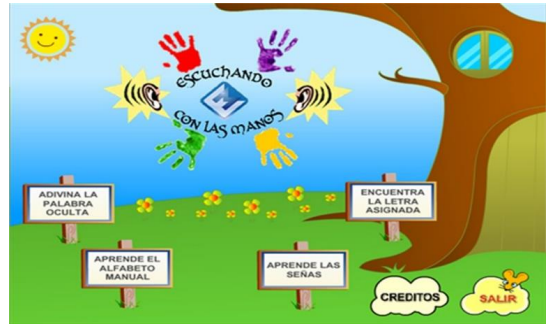


Figura 3. Pantalla principal

V. DISEÑO

La interacción que realiza el usuario con la computadora y más específicamente con un programa educativo genera muchas respuestas y todas ellas con un alto nivel de estimulación en un entorno creativo, permitiendo desarrollar su habilidad motriz de percepción y de cognición.

El programa es una pieza fundamental que el profesor dispone en sus clases para enseñar, y en la mayoría de los casos es necesaria la ayuda de un mediador para explicar algunos términos fundamentales a tener en cuenta para su aplicación. [10] [12]

Es importante que los elementos del programa contengan imágenes, animaciones, y que las mismas cumplan con los requerimientos funcionales que se necesitan para desarrollar un buen programa multimedia, para ello hay que tener en cuenta lo siguiente:

Llamar la atención de los usuarios por medio de señales luminosas

Usar imágenes visuales en lugar de las palabras o símbolos para entender con más claridad algo en especial, y así hacer más rápido y fácil el aprendizaje

Incorporar elementos motivadores y estimulantes al programa, para que los usuarios se adapten rápidamente

Evitar distracciones con las animaciones creadas

Hacer uso de palabras, frases o conceptos que sean entendibles por el usuario

Al producirse algún problema interno, se deberá visualizar a través de un mensaje la clase y el tipo de error como así también una posible solución

Figura 2. Elementos a tener en cuenta en el diseño

Teniendo en cuenta los lineamientos del diseño conjuntamente con la metodóloga OOHDM (ObjectOriented Hypermedia DesignMethod), [3] [4] [5] y siempre teniendo presente los resultados de las encuestas que se realizaron a los profesores y alumnos de la escuela especial “Luisa María Sesin” que se utilizaron como centro de pruebas, se obtuvieron las siguientes pantallas:



Figura 4. Aprendiendo lenguajes de señas



Figura 5. Adivine las palabras oculta

VI. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS SOBRE EL SISTEMA MULTIMEDIA

Con el motivo de afirmar las pruebas realizadas y probar la aceptación de los usuarios finales que utilizaron el sistema se realizó un estudio a los niños sordos de la escuela de educación especial N° 31 “Luisa María Sesin”.

TABLA III. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

Encuestados		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total	Porcentaje
Preguntas	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	72%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X	4	27%
	BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
El Sistema te parece:	REGULAR	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	67%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X	X	X	5	33%
Los videos, imagenes y animaciones del sistema te parecen:	BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
El contenido general del sistema te parece:	BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
El uso del sistema te parece:	REGULAR	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9	69%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X	X	X	X	5	35%
El uso del sistema te parece:	BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	X	X	X	X	1	7%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10	67%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
La utilidad del sistema te parece:	REGULAR	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	1	7%
El nivel de enseñanza del sistema es:	BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13	100%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	8	53%
El Sistema se puede aprender sin ningún inconveniente?	REGULAR	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	X	2	12%
	EXCELENTE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	100%
	MUY BUENO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%
El Sistema se puede aprender sin ningún inconveniente?	SI	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	100%
	NO	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	0	0%

Observando y determinando una valoración acorde y satisfactoria de los aspectos contenidos en la encuesta se deduce que el sistema multimedia, se ha convertido en una herramienta de apoyo y material didáctico, tanto para el docente como para el alumno. Además esta herramienta es de fácil uso y de gran utilidad.

De tal manera que el estudiante se siente plenamente atraído con el sistema realizado, ya que sus animaciones, textos, sonidos, imágenes y videos despiertan completamente el interés manteniéndolos muy motivados a la hora de hacer uso del mismo. El alto nivel de enseñanza - aprendizaje que contiene es aceptado por todos los estudiantes gracias a su entorno amigable.

Las instrucciones que posee son simples y fáciles de entender, de tal manera que las actividades no necesitaron de una mayor explicación ya que los niños lo asimilaban de una forma correcta y rápida.

VII. TRABAJOS FUTUROS

Como continuación de este trabajo y como en cualquier otro proyecto de investigación, existen diversas líneas de investigación que quedan abiertas y en las que es posible continuar trabajando. Durante el desarrollo de esta investigación han surgido algunas líneas futuras que se han dejado abiertas y que se esperan atacar en un futuro; algunas de ellas:

- Realizar investigaciones con enfoque de las neurociencias del lenguaje que son una herramienta actual de suma importancia para reinterpretar el procesamiento del lenguaje de las personas sordas.[8]
- Diseñar y desarrollar una versión de la aplicación que esté estructurada por niveles, básico, medio y avanzado, pues esto constituiría una alternativa para medir los progresos del niño al pasar de un nivel a otro.[9]
- Se propone continuar la investigación de usabilidad no solo para la Web sino ampliarla a sistemas móviles, dispositivos electrónicos, la electrónica digital, consolas de videojuegos, etc.
- Plantearse la utilización de personajes propios de nuestra cultura para lograr una rápida identificación del usuario con el software.

- Se propone ampliar la programación del sistema utilizando HTML5, JOOMLA Ó DRUPAL.

VIII. CONCLUSIONES

El sistema multimedia para niños con discapacidad auditiva brinda una herramienta de aprendizaje donde el estudiante consigue con mayor facilidad a los conocimientos por medio del uso de la tecnologías de la comunicación y la información, sintiéndose bien motivados y cómodos al efectuar las actividades, respetando el ritmo de aprendizaje individual, incentivando su curiosidad y favoreciendo el desarrollo de actitudes positivas, todo ello con el aporte dinámico de las imágenes, animaciones y videos.

El sistema multimedia para niños con discapacidad auditiva constituye una ayuda computacional enfocada a los niños que están comenzando sus estudios de la lengua de señas, también es utilizado como material de apoyo didáctico en clases por los profesores.

Para concluir se puede decir que los niños que sufren una discapacidad tanto auditiva, visual, motriz u otro tipo de deficiencia son tan capaces como aquellos que no lo son, la paciencia y sobre todo los conocimientos en la enseñanza a estos niños hacen que sean individuos útiles en nuestra sociedad, por lo tanto es muy importante seguir avanzando en la elaboración y construcción de propuestas educativas de esta índole y con la utilización de nuevos recursos tecnológicos para hacer el aprendizaje mucho más rápido, fácil y entretenido, de todos nosotros depende que este sueño se haga realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- J.J. Delgado Domínguez, Grupo PrevInfad/PAPPS Infancia y Adolescencia, Pediatría Atención Primaria *versión impresa* ISSN 1139-7632, Detección precoz de la hipoacusia infantil. http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1139-76322011000200012&script=sci_arttext
- María del Pilar Sánchez Hípola, Eduga: revista galega do ensino, ISSN 1133-911X, N° 32, 2001 , págs. 89-106 Enciclopedia psicopedagógica de necesidades educativas especiales / coord. por Francisco Salvador Mata, Vol. 2, 2001, ISBN 84-9700-022-6 , págs. 205-228
- Schwabe, D. y Rossi G. "The Object-Oriented Hypermedia Design Method". Communications of the ACM, Agosto, 1995.
- Escalona Cuaresma, M. "Metodologías para el desarrollo de sistemas de información global: análisis comparativo y propuesta". Disponible en: <http://www.lsi.us.es/docs/informes/EstadoActual.pdf>, unpublished
- Schwabe, D., Rossi G. y Barbosa, S. "Systematic Hypermedia Application Design with OOHDM", Tech. Rep., Departamento de Informática, PUC-Rio, Brasil, 1996.
- Ricardo Soto De Giorgis, Wenceslao Palma Muñoz, Silvana Roncagliolo De La Horra. "Propuesta de un modelo navegacional para el desarrollo de aplicaciones basadas en OOHDM", Escuela de Ingeniería Informática, Universidad Católica de Valparaíso, Chile.(Libro electrónico).
- "IEEE Std 830. <http://www.fdi.ucm.es/profesor/gmendez/docs/is0809/iecc830.pdf>. unpublished
- Nuevas Tecnologías Aplicadas a la Sordera. Disponible en: <http://tecnologia-y-deficiencia-auditiva.blogspot.com.ar/>(Consultada: 26 de Octubre 2014), unpublished
- Tecnologías sin Barreras Programas informáticos para niños sordos. Disponible

en<http://tecnologiasinbarreras.blogspot.com.ar/2007/12/programas-informticos-para-nios-sordos.htm>;unpublished

- [10] Juegos y Material Didáctico en Lengua de Señas Argentina. Disponible en<http://didacticoslsa.blogspot.com/2008/01/proyecto.html>;unpublished
- [11] María Ignacia Massone, Edith Moroni, Marina Simón (2001). Curso Graficado de Lengua de Señas Argentina. (Edición especial) Posadas, Argentina. Editorial Universitaria, Universidad Nacional de Misiones
- [12] Silvana Veinberg, Marisa Macchi (2005). "Estrategias de prealfabetización para niños sordos". Buenos Aires, Argentina. Editorial: Noveduc ISBN: 987-538-137-3 Págs.: 224

[13] Propuesta de conceptualización de las personas sordas e hipoacúsicas en el contexto pedagógico. Disponible <http://www.riocoi.org/970kenia.htm> unpublished

[14] Confederación Argentina de Sordos. ww.cas.org.ar/index-2.html unpublished

[15] Problemas de la audición y sordera - National Library of Medicine. www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/hearingdisordersanddeafness.html, unpublished

Quality Evaluation of E-Government Websites of Turkey

Ph.D. Yakup AKGÜL
Dumlupınar University
yakupakgul@gmail.com

Abstract —In recent years, many people have devoted their efforts to the issue of quality of Web site. The concept of quality consists of many criteria like the quality of service perspective, user perspective, content perspective and usability perspective. The Quality and reliability of the e-government website is a crucial factor for the successful implementation of the information society. In this study the effectiveness of various design parameters (HTML errors, load time and browser compatibility problems etc.) on e-government website will be analysed by taking into considerations different website development standards recommended for them. This study conducts test to measure the quality of e-government website of Turkey via web diagnostic tools online to analyse the different government website by testing their existing design with the help of online tools to understand their deviations from the standards and to evaluate their performance with respect to the parameters considered by the tool. The results indicated that there is an urgent need to improve the design features of e-government website in order to be more effective and user-centric. The author took 51 Government websites of Turkey, analyse their different parameters and on the basis of analysis shows their overall compliance with the standards and guidelines. With the help of the results obtained a table analysis of the websites is made by the authors that determine the effect of these parameters on the efficiency and accessibility of the government websites.

Keywords - e-government; website design; website evaluation; website standards; website guidelines

I. INTRODUCTION

The tremendous proliferation of the Information and Communication Technology (ICT) globally, many people prefer to conduct official communications with the government by using the web technology. As the internet usage is growing daily, the people around the globe are coming closer. With the advent of World Wide Web as a vast phenomenon, it has surprisingly brought the world closer making it a smaller piece to live in for its user. The number of citizens seeking information and services online are increasing rapidly in almost every country of the world. The citizens expect government websites to save their money and time. The responsibility of the government is to design websites that are easy to use and are accessible to each and every type of citizen. Implementing the simple principle of having website that works well and doesn't confuse the user or get him frustrated, will help to reduce the abandonment of the website by visitors. But during the development process errors creep into the design of websites either implicitly or explicitly.

Governments today attempt to provide better-quality services, focus on citizens' needs, embrace more efficient and effective work practices and improve the administrative

processes. These goals motivate many governments throughout the world to develop various forms of E-Government, i.e. Internet websites and portals, which enable online access to government services and information [1]. E-Government can be defined as the process by which the government can deliver services and information to its citizens via the internet [2]. Tang et al. [3], states that "Government website helps to integrate government information resource, make government information public, increase administration efficiency, and promote the capability of government to serve the enterprise and citizen." Similar to that of other developing countries, Turkey faces challenges in designing and implementing an e-government portal that reflects the definition of a true e-government system, which is "the use of Internet and related technologies to digitally enable government and public sector agencies' relationships with citizens, businesses, and other arms of government" [4].

According to Bowlby in [5], a website should contain a number of vital elements where the most important elements that have to be included are: good visual design, thoughtful interface, good navigation, meaningful content, and web optimized images and other multimedia contents. Through the last few years, some websites have been noticed that they achieved higher levels in providing information and services compared to the other websites. In order to evaluate an e-government website successfully, powerful evaluation methods and techniques are needed. Although the process of evaluation is complicated, it is considered necessary to verify the quality, accuracy, and truthfulness of the website [6].

However, these web technologies are not perfect in terms of usability and accessibility. People with physical disabilities such as sight and hearing disabilities might face problem to access and use that website. To solve the usability and accessibility problems, innovative designs are being required for the web developer to make their web site more usable and accessible by everyone including people with disabilities [7]. Website quality and reliability are vital for e-governmental web portals [8]. There are three key factors affecting website technical performance: website accessibility, website quality, and website privacy [9]. The process of evaluating a website depends on the perspective of the researcher. Although the number of E-Government websites has increased rapidly in the last few years, the success of these websites depends on some metrics, such as websites usability, navigability, readability, privacy and other metrics that depends on several perspectives [10].

II. RELATED WORKS

The main scope or focus of this paper is Websites' quality evaluation and in particular for e-services or e-government websites. This section presents a number of previous studies related to the evaluation of usability, quality, accessibility and website performance of different Websites in general and specifically to those related to the e-government websites.

Jati and Dominic [8] tested the quality of e-government Websites in five Asian countries. Webmasters, Web applications developers, and Website quality assurance managers needed special tools and methods to be able to evaluate their own vision of quality attributes in the evaluated Websites. The researchers conducted some tests to measure the quality of e-government Websites in these countries. The results of their study showed the low quality and performance of these governmental Websites. Dominic, Jati and Kannabiran [11] conducted some tests to measure the quality of e-government website of five Asian countries via web diagnostic tools online. Dominic et al. [12] conducted test to measure the quality of e-government website of five Asian countries via web diagnostic tools online and proposed a methodology for determining and evaluating the best e-government website based on many criteria of website quality, consisting of linear weightage model (LWM), analytical hierarchy process (AHP), fuzzy analytical hierarchy process (FAHP), and one new hybrid model (NHM). Authors have used diagnostic to evaluate the Asian e-government websites in terms of technical aspects such as loading time, page rank, frequency of update, traffic, mark-up validation, accessibility errors, etc.

Manhas and Mansotra [13] conducted various tests on the website usage which includes response time, load time, size of a website and number of items, the structural aspect which includes code and link validation and content which includes link popularity. All the above factors were studied to measure the quality of e-Government websites of J&K state via different online service. The result of this study confirmed that almost all the e-Government websites of J&K state are neglecting performance and quality criteria. Manhas [14] the effectiveness of various design parameters (such as page size, composition, download time etc.) on e-government website analysed. The author 10 Government websites of India analysed their different parameters and on the basis of analysis showed their overall compliance with the standards and guidelines.

Wan Mohd Isa et al. [15] investigated the usability and accessibility of Malaysia e-government websites. The usability measures were being measured by using Nielson usability guideline for the uploading speed and page size of the main page and number of broken links. Choudrie et al. [9] reported the results of an evaluative study of a cross-section of e-Government portals from three perspectives (accessibility, quality and privacy) using a common set of performance metrics and Web diagnostic engines. Palma and Hong [16] evaluated the current website performance of Belize's e-government portal for a specific government ministry in terms of accessibility, quality, and privacy in order to meet the needs of Belize's multicultural population.

Some similar studies on usability, accessibility and performance of web sites and web contents were also conducted by Atterer [17], Katre and Gupta [18], Ivory et al. [19], Yan et al. [20], Holzer and Tae [21], West [22], Büyüközkan and Ruan [23], Fasanghari and Habibipour [24], Pribeanu et al. [25], Ataloglou et al [26], Withrow et al [27], Asiiwme and Lim [28], Soufi and Maguire [29], Baker [30], Parajuli [31], Stowers [32], Inglesant et al [33], Hanapi, Latif, & Masrek, [34], Liu et al. [35], Wangpipatwong et al. [36], Garcia et al. [37], Kituyi and Anjoga [38], Venkatesh Hoehle and Aljafari [39], Harrison and Petrie [40], Sharma et al. [41], Szeróvay [42], Horan, Abhichandani and Rayalu [43], Rababah et al. [44], Jiang and Ji [45], Jati [46], Jati [47], Jati [48] and give suggestions for improvements.

Past researches show that the website evaluation depends on the multiple factors (e.g. download delay, errors in pages, broken links, server response time etc.) that can be measured by the web diagnostic [49], [8]. As for this study, it aimed to mainly assess the Turkish E-government websites in term to their usability and accessibility.

III. THE SELECTED TOOLS

Automated testing of websites is both an opportunity and a challenge; numbers of online services are there to check different quality criteria of a website by supplying different URL to them. Websites' usability evaluation tools are used to evaluate the internal attributes of a website such as: loading time, HTML errors, browser compatibility problems and several others. Practically, it is difficult to evaluate these attributes without using the specialized tools. Designers may apply these tools to detect errors that exist in the Website, try to fix them and help the Website designers to create high quality Websites. Some of the online services are launched by the organization who are continuously working on the website standards e.g. IBM, W3standards etc.

Several tools were available online to evaluate websites according to several criteria and attributes. The tools that are used to evaluate the archived instances of the websites were: Fast Link Checker [50]: for navigation usability tool which was used to assess the site's broken link, "webpage speed analyser" [51] to measure and evaluate the internal attributes of the Website such as response time, download time at different connection rates, size and number of items on a webpage, HTML Validator [52], The HTML Check tool is used to evaluate and calculate the number of HTML errors that exist on the Web page, such as coding errors, missing tags and others [53]. When these errors occur, the Web page may be displayed incorrectly. Eventually it will generate a report that summarizes its finding and shows where the errors occurred in the HTML code. To evaluate website quality both the HTML [54] and CSS Validator [55], CSS [56] codes based were used for the website to ensure it meets all the criteria of the W3C standard and TAW [57]: for content quality and accessibility. TAW classifies the accessibility problems into the automatic problems, those in which the tool is certain that the problem violates the guidelines and manual problems, those that need to be reviewed by an expert. SortSite [58]: for browser compatibility; it is used to calculate the number of compatibility problems for each website, websites privacy

policy usage and readability, websitepulse [59] for response time, pingdom tool [60] was used for load time. It is used to calculate the time required to load a page and its graphics, webaim [61]: for current use of HTML5 and ARIA.

IV. THE METHODOLOGY OF THE STUDY

A. Sample Data

The evaluation process was conducted between 01 January 2016 and 15 January 2016. The time of evaluation is between 12 pm and 24 pm. Samples of 61 websites were selected by using convenient sampling from Turkey government portal [62]. Since the objective of the study is to analyse the performance of various e-Government websites. The websites comprised of main institutions and e-services websites at the government level because the government is putting lot of efforts to IT enable all its departments and agencies to provide effective and efficient services to its citizens. An anomalous situation detected during the analysis: ten websites could not be analysed.

B. The Selected Criterias

Designing websites needs careful thinking and a lot of planning. The most important thing is to know your audience. The designed pages have their own characteristics and these characteristics have certain drawbacks and benefits. The process of measuring the effects of the webpage components towards the performance and quality of website will measure the factors like response time (seconds), load time (seconds), page size (bytes), number of items, technology validation and links. There are many dimensions of quality; they were measured by different online services and also physically visiting the websites. In this study, the attributes that are related to websites design and development (i.e. navigability, content quality and accessibility, as well as browsers compatibility etc.) were considered. These attributes are described in details below. There is an instrument for measuring the effects of the webpage component toward the performance and quality of website. This instrument will measure the size, component, and time needed by the client for downloading a website. The main aspect that will influence this download time are page size (bytes), number and types of constituent, number of server from the accessed web. IBM that can be used as a standard for performance measurement of quality: Average server response time <0.5 second, number of component per page <20 objects, webpage loading time <30 second, webpage size in byte <64 Kbytes [63], [64].

There are so many factors influence the performance of a website and most of them are outside the control of website designer. Download time of the website will determine webpage design, web server response time, hardware of the client, software configuration and characteristics of the internet router which connect user and the website. One of the research finding mention that website which has slow download time is less attractive than website with faster download time [65]. Website designer plays an important factor for determining the performance of the website, there are several rules that has to be followed during the website development, such as: Webpage which has small size page will be downloaded faster compare than bigger size page, webpage which has small

picture size will be downloaded faster than the website with big picture size, web user will not tolerate a long waiting time for downloading for downloading web pages [46]. Response time and load time are two parameters which determine quality of a webpage design by taking into account total size and number of items on a webpage. A website server should respond to a browser request within certain parameters, it is found that extraneous content exists on the majority of popular pages by reducing objects download times. Popular sites averaged 52 objects per page, 8.1 of which were ads, served from 5.7 servers [66], and use of more number of objects dominates the latency of most of the web pages [67].

The parameter of total html calculates the total no. of html file on the web page. The no. of HTTP web request increases accordingly as the no. of html file increases. Minimizing http request is the key for website optimization. Total objects; this parameter counts the total no. of objects being used in the website. These objects include html file, css file, css images, JavaScript, multimedia, etc. Above 20 objects per page the overhead from dealing with the actual objects accounts for more than 80% of whole page latency. In order to remove the overhead associated with objects combine, refine, and optimize the objects. Replace graphics rollover with the CSS rollovers to speed display and minimize HTTP requests. Consider using CSS sprites to help to consolidate decorative images. Using CSS technique such as colored backgrounds, borders, or spacing instead of graphics techniques can reduce HTTP requests. Total images; this counts for the total Image being used in the website. It should be reduced to reasonable numbers. Recommend combining, replacing, and optimizing your graphics. Consider using CSS sprites to help consolidate decorative images. Use CSS techniques such as colored backgrounds, borders, or spacing instead of graphic techniques to reduce HTTP requests. Replace graphic text headers with CSS text headers to further reduce HTTP requests. Finally, consider optimizing parallel downloads by using different hostnames to reduce object overhead. Total CSS; it counts for the total CSS being imported in the website. Because external CSS files must be in the HEAD of your HTML document, they must load first before any BODY content displays. Although they are cached, CSS files slow down the initial display of your page. Remember to place CSS files in the HEAD and JavaScript files at the end of the BODY to enable progressive display. Total size; it evaluates the overall size of the website by calculating the total size of all the objects being used in the website. In order to achieve good response time for website we should consider reducing size of website. For example consider reducing total page size to less than 100K to achieve sub 20 second response times on 56K connections. Total script; it counts the total number of external script files being used in the website. Consider reducing this to one or two. Combine, refactor, and minify to optimize your JavaScript files. Ideally you should have one on your pages. Consider suturing JavaScript files together at the server to minimize HTTP requests. Placing external JavaScript files at the bottom of your BODY, and CSS files in the HEAD enables progressive display in XHTML web pages. The total size of HTML file size is calculated here. This size should be minimized as far as possible. HTML size should be such that it will not affect the average time user are willing to wait for a page to display (10

sec). Image size; it calculates the total size of your images on the website. It should not be over 100k. Consider switch graphic formats to achieve smaller file sizes (from JPEG to PNG for example). Finally, substitute CSS techniques for graphics techniques to create colored borders, backgrounds, and spacing. Script size parameter evaluates the total size of all external script of your website. The total size of the external script should be less than 8K. The size of all the external CSS which is used in the website is calculated in this parameter. The total CSS size should be less than 8K. MULTIM size parameter counts for the size of all the external multimedia being used in the website. This should be less than 10K.

Browser compatibility criterion helps us to evaluate whether a web page can be rendered through different kinds of browsers. Any website must be accessible by different users who may use various kinds of browsers. Avoiding this criterion may lead to insufficient display or unexpected crash for users' systems when visiting the website. Many Websites designers focus their intentions at optimizing their browser on one or two specific browsers and ignore the rest which may impact their spread or popularity. Following are two guidelines to improve browser compatibility problems: Test Websites in multiple browsers such as Internet Explorer 7 and 8, Google Chrome, Mozilla and Opera. Design the Website to be able to operate with different platforms other than PCs or desktops, for example mobile and smart phones and WebTV

Since web applications are filled with risks and uncertainty especially through users' information collection, security and privacy issues are considered one of the most important factors to address website transparency. In order to guarantee citizens' trust, government must maintain security in handling personal information. Without treating such information confidentially, government will not be able to produce its services electronically [68]. Privacy policies are intended to describe a company's data practices (i.e. what information they collect from individuals and what they do with it). In order to achieve a good privacy policy, the government should use a high level of security through their portals to prevent unauthorized access. In general, privacy policies are difficult to be understood and hard to be found. Website privacy to verify if the e-government portal has a privacy statement for citizens as well as to check for cookies set by portal designers and to check the encryption security level of the portal. Regarding website privacy, W3C and Platform for Privacy Preferences (P3P) validators were used to ensure clients' privacy was protected and to meet the W3C standards.

Accessibility is considered a crucial requirement for successful E-Government website. According to Abanumy et al. [69], accessibility is defined as "the degree to which web information is accessible to all human beings and automatic tools". The general goal of accessibility is to allow wide Access to websites, by all kinds of people (especially with disabilities). Therefore, the services must be available 24 hours a day, 7 days a week. Several guidelines are proposed to ensure websites accessibility. According to W3C recommendations, there are fourteen accessibility guidelines categorized into three categories.

Markup Validation Service is used to evaluate the Websites' usability. It contains three tools, each of which has a unique function. The first tool is called HTML check and repair. According to the W3C [70]. "Validating web documents is an important step which can dramatically help improving and ensuring their quality and it can save a lot of time and money". It is used to evaluate Websites and retrieve the number of HTML errors for each Website. This automatic tool checks the markup validity of web pages in HTML, XHTML, SMIL, MathML, etc. The result of the Markup Validation Service is summarized in the number of errors and warnings in a web page. The second tool is the CSS Validator Service, another free service by the W3C [71]. Not only, this tool evaluates the style sheets of a web page its conformance with W3C open standards and the CSS specifications. It can also detect when CSS poses some risks in terms of usability. It can find errors, typos, or incorrect uses of CSS.

Structural factor, all of the parts of the website hold together and all links inside and outside the website should work well. Broken links on the webpage also are another factor that always downgrades the quality of website. Each page usually has references or links or connections to other pages. These may be internal or external web site. Users expect each link to be valid, meaning that it leads successfully to the intended page or other resource. In the year of 2003, discovered that about one link out of every 200 disappeared each week from the Internet [72]. Particularly since broken links diminish the quality of a website [73].

It is frequently the case for people to visit a website which is poorly structured, difficult to navigate and unfriendly for readers. Some sites take a long time to download content, which makes users become impatient and leave. Those sites are often developed by people who have the perception that a quality site is the one that demonstrates the latest multi-media and animation effects [88].

V. RESULTS

After evaluating all Websites by the previously mentioned tools, the retrieved results are stored as shown in the following table. We present four values for each Website, as shown in Table 1. A total of about 51 websites from the e-government portal of Turkey were analyzed by the author for the following parameters. The various steps used in analysing different dimensions of quality, factors influence the performance of the web, technology validation; structural, accessibility, privacy social media activity and content aspects. Based on the results collected from the tools a table of the sites was made that helped to determine their deviations from the guidelines provided (Table 1).

TABLE I. USABILITY TRAITS (N=51)

Usability Traits	Frequency	Percentage
Total size <100 kb	5	9
Number of items (<20 items)	5	9
Total HTML (1-5)	51	100
Total Images (0-5)	6	12
Total CSS (1-5)	35	69

Total Script (1-3)	11	22
HTML Size <50 KB	37	73
Image Size (<100 KB)	8	16
Script Size (<20K)	3	6
CSS Size (<20K)	22	43
MULTIM Size (External Multimedia)(<10K)	47	92
Broken Link >=1	50	98
Accessibility Error WCAG 2.0 P1 (Number) (zero errors)	1	99
Markup (HTML) Validation (Number) (zero errors)	2	4
CSS Validation (Number) (zero errors)	6	12
HTML5	18	35
ARIA	13	25
Response time <0.5 second	0	100
Load Time <30 second	0	100
Browser Compatibility (zero errors)	2	4
Privacy policy	0	100

In this study, the 51 the official website of the governments have been analysed. The home page of each one of the websites has been analysed from three points of view: HTML and CSS validity; web accessibility; and, current use of HTML5 and ARIA. The home page of a website is the first contact a user has with the website. If the home page shows problems or is not accessible, it would be very difficult that a user can access other pages of the website. Therefore, it is essential to ensure the accessibility usability, quality and performance of the home page of a website. All the tests of a web page were conducted during the same day in order to avoid changes in its content. On testing and analyzing about 51 e-government sites on Webpage Analyzer tool the statistics obtained for various parameters are listed in the Table 1 given below:

From the table above in Table 1 it is clear that the only parameter that follows the guidelines completely in almost every e-government website of Turkey is the total number of HTML files used in the webpage and MULTIM Size. The rest of all the parameters are partially following the guidelines and hence minimizing the overall performance and maximizing the download time of the webpage making them less effective from the user point of view.

The overall effect on the total size of the webpage is shown in Table 1 above. Among the websites sample used for analysis only 9 percent of the government sites are below or on the standard line (100 kb as recommended for better performance for any type of website for different modem speeds) indicating that maximum of the government sites are having sizes that are unacceptable from effectiveness and user-centric point of view.

In term of broken links, fifty e-government websites or 98% of the sample have a broken link as reported in Table 1. According to the results of HTML and CSS validity results, only 2 web pages (4%) have the zero html mark-up errors and 6 web pages (12%) CSS validation errors. To assess the

WCAG 1.0 Accessibility Guidelines (Priority Level 1) the TAWDIS tool is used. It checks whether a website carry out all the accessibility guidelines or not. If the website does not achieve all the guidelines, it will fail in the accessibility test. Unfortunately, the home pages of all the websites have accessibility issues except e-government portal of Turkey website. HTML5 is the latest standard and which is an example of modern technology. HTML5 also includes new accessibility features that will improve the accessibility of the websites. According to the results of W3C's Markup Validation Service [95], only 18 web pages (35%) have the HTML5 DOCTYPE. ARIA, another standard of the W3C, addresses the lack of accessibility of many web pages. Regarding the use of ARIA, WAVE [64] has been used to detect ARIA features in the analysed websites. Only 13 web sites (25%) present some use of ARIA. Most of server response, load times, size, and number of items exceed the value standardized by IBM. Browser Compatibility Results Internet Explorer (6.0 and 7.0) and Mozilla Firefox (2.0 and 3.0) compatibility was evaluated by SortSite tool. It was found that two of the websites passed the test of critical browser compatibility issues. Regarding privacy policy assessment, neither the websites of Turkey used privacy policies in pages that accept data from users (i.e. names, e-mails, phone numbers, etc). Sort site is the tool used to assess privacy policy issues and warnings.

VI. CONCLUSIONS

Testing of e-government portals of Turkey was conducted to analyse the performance and user-centricity. Highly accessible government websites all over Turkey were selected for this study. The author examined various dimensions of quality consisting of various components and each component is measured by the specific test online and physically visiting the sites. The results indicate that websites have a serious accessibility problem and the website presence of e-government portals are neglecting the performance and quality criteria. As observed the e-Government websites are not meeting various standards as proposed and recommended for the development of the websites such as response time, download time, page size, number of items, mark up validation. The consequences of this problem will be on the portability and development of the website. It is clear in my research that more efforts are required to meet with these criteria in the context of the website design which includes its usage, content and structural aspects. Author suggests that web developers responsible for e-government websites should follow and encourage the use of recognized guidelines when designing the websites. Further the organizations for whom the websites are developed must also be educated regarding the standards to be followed for the development of the website. Not only this the standards framed for the design and development should be widely circulated in various institutions and organizations so that the software developing organizations are well aware of such standards. There is an urgent need to improve the total size, minimize the number of external objects, size of images used etc. to make e-government websites to be more effective, highly user-centric and easy accessible for the citizens.

REFERENCES

- [1] S. Lee and J. E. Cho, Usability evaluation of Korean e-government portal. In C. Stephanidis (Ed.), *Universal Access in HCI, Part III, HCII 2007, LNCS 4556* (pp. 64-72). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007.
- [2] Al-Omari, H., (2006), "E-Government Architecture in Jordan: A Comparative Analysis", *Journal of Computer Science*, Vol. 2, No. 11, pp. 845-852.
- [3] Tang Rang, Zhenji Zhang, and Yutao Dong, "Government Information Resource Integration Research Based on Government Website", *AISS: Advances in Information Sciences and Service Sciences*, vol.03, No.06, pp. 294-300,2011.
- [4] Laudon, Kenneth C., and Jane P. Laudon. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. Pearson, 2010.
- [5] Bowlby, S., (2008), "15 Key Elements All Top Web Sites Should Have", available at: <http://freelancefolder.com/15-top-site-elements/>, visited on 14/01/2016
- [6] Dragulanesu, N., (2002), "Website Quality Evaluations: Criteria and Tools", *The International Information & Library Review*, Vol. 34, Issue. 3, pp. 247-254.
- [7] Lee, S., B.G. Kim and J.G. Kim, 2007. Accessibility Evaluation of Korean E-Government. In: *Universal Access in HCI, Part III, C. Tephaniadis (Ed.). HCII 2007, LNCS 4556*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp: 73-78. DOI: 10.1007/978-3-540-73283-9_9
- [8] Jati, H., Dominic, D. D., 'Quality Evaluation of E-Government Website Using Web Diagnostic Tools: Asian Case', *International Conference on Information Management and Engineering*, IEEE DOI 10.1109/ICIME. (2009) pp. 85-89.
- [9] Choudrie, Jyoti, Gheorgita Ghinea, and Vishanth Weekarkkody. "Evaluating Global EGovernment Sites: A View Using Web Diagnostics Tools." (2004), pp.105-114.
- [10] Alshawi, S., Alahmary, A., and Alalwany, H., (2007), "Egovernment Evaluation Factors: Citizen's Perspective", *European and Mediterranean Conference on Information Systems*, Vol. 28, pp. 1-12.
- [11] Dominic, P., Jati, H., & Kannabiran, G. (2010). Performance Evaluation on Quality of Asian E-government Websites - an AHP Approach. *International Journal of Business Information Systems*, 6(2), 219-239.
- [12] Dominic P D D, Jati H, Sellappan P, Nee G K. 2011. A comparison of Asian e-government websites quality: using a non-parametric test, *International Journal of Business Information Systems*, Vol. 7, No. 2, 2011, p p. 220-245.
- [13] Manhas, Jatinder and Mansotra, Vibhakar, (2011), "Critical Evaluation of e-Government Websites Design", *Proceedings of the 5th National Conference; INDIACOM-2011 Computing For Nation Development*, March 10 – 11, 2011 Bharati Vidyapeeth's Institute of Computer Applications and Management, New Delhi
- [14] Manhas, Jatinder, (2014) "Analysis on Design Issues of E-Government Websites of India", *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, Volume 4, Issue 2, pp.646-650.
- [15] Wan Mohd Isa, W.A. R., Suhami, M. R., Safie, N.I. and Semsudin, S.S., (2011), "Assessing the Usability and Accessibility of Malaysia E-Government Website", *American Journal of Economics and Business Administration*, 3, (1), pp.40-46.
- [16] Palma, F. and Hong, S.G., (2013), "Evaluating the Website Performance of Belize's e-Government Portal", *Journal of Convergence Information Technology(JCIT)*, Volume8, Number5, pp.986-993.
- [17] Atterer, R., 'Model-Based Automatic Usability Validation – a Tool Concept for Improving Web-Based UIs', *ACM*, ISBN: 978-1-59593-704-9, (2008).
- [18] Katre, D. and Gupta, M., (2011), "Expert Usability Evaluation of 28 State Government Web Portals of India", *International Journal of Public Information Systems*, Vol 7, No 3, pp.115-130.
- [19] Ivory, M., Chevalier, A., "A Study of Automated Website Evaluation Tools' *ACM Computing Surveys*, (2002).
- [20] Yan, P., Zhang, Z., Garcia, R., 'Automatic Website Comprehensibility Evaluation', *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*, (2007).
- [21] Holzer M., Tae Kim S., (2007), "A Longitudinal Assessment of Municipal Websites throughout the World", available at: www.gepegi.org, visited on 01/27/2016
- [22] West, D., (2005), "Global E-Government, 2005", available at: www.insidepolitics.org, visited on 19/01/2016
- [23] G. Büyüközkan, D. Ruan, "Evaluating government websites based on a fuzzy multiple criteria decision-making approach", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 15 (3), 321-343 (2007).
- [24] Mehdi Fasanghari and Farzad Habibipour (2009) "E-Government Performance Evaluation with Fuzzy Numbers", 2009 International Association of Computer Science and Information Technology - Spring Conference,
- [25] C. Pribeanu, R. D. Marinescu, D. D. Irodache, M. Gheorghe-Moisii, "Exploring the Usability of Municipal Web Sites: A Comparison Based on Expert Evaluation Results from Four Case Studies," *Informatica Economica*, Vol. 14/2010, No. 4, pp.87-96, 2010.
- [26] Ataloglou M P, Economides A A. 2009. Evaluating European Ministries' Websites, *International Journal of Public Information Systems*, Vol. 2009:3, pp. 147-177.
- [27] Withrow J, Brinck T, Sperdelozzi A. 2000. Comparative Usability Evaluation for an e-Government Portal, *Diamond Bullet Design Report #UI-00-2*, Ann Arbor, MI. Dec. 2000.
- [28] Asiiimwe, E, N and Lim, N. (2010) "Usability of Government Websites in Uganda" *Electronic Journal of e-Government Volume 8 Issue 1 2010*, (pp.1 - 12).
- [29] Soufi, B., & Maguire, M. (2007). Achieving Usability within e-Government web sites illustrated by a case study evaluation. In M. J. Smith, & G. Salvendy (Eds.), *Human interface, part II, HCII 2007*, LNCS, vol. 4558 (pp. 777–784). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- [30] Baker, D.L, (2009), "Advancing e-government performance in the United States through enhanced usability benchmarks", *Government Information Quarterly*, 26 (1), pp.82-88.
- [31] Parajuli, J. (2007). "A content analysis of selected government web sites: A case study of Nepal", *The Electronic Journal of e-Government vol. 5, no. 1*, pp. 87-94.
- [32] Stowers, G. N. L. (2002). *The state of federal websites: the pursuit of excellence*. E-Government Series, San Francisco State University.
- [33] Inglesant P, Sasse M A. 2005. Usability Is A Policy Issue: Minimising The "Hassle Factor" In Mobile Payment Of The Central London Congestion Charge, *EURO mGOV 2005*, Published by Mobile Government Consortium International LLC, ISBN: 0-9763341-0-0.
- [34] Hanapi, M., Latif, A. and Masrek, M. N. 2010. Accessibility Evaluation on Malaysian E-Government Websites, *Journal of e-Government Studies and Best Practices*, IBIMA Publishing, Vol. 2010 (2010)
- [35] Liu Y, Chen X, Wang X. 2010. Evaluating Government Portal Websites in China, *Proceedings of Pacific Asia Conference on Information Systems*, 2010.
- [36] Wangpipatwong S, Chutimaskul W, Papasratorn B. 2005. Factors Influencing the Adoption of Thai eGovernment Websites: Information Quality and System Quality Approach, *Proceedings of the Fourth International Conference on eBusiness*, No vember 19-20, 2005, Bangkok, Thailand, pp.14.1-14.7.

- [37] Garcia, A.C.B., Maciel, C. & Pinto, F.B. (2005). A Quality Inspection Method to Evaluate E-Government Sites. EGOV 2005, LNCS 3591, 198-209.
- [38] Kituyi, G. M. & Anjoga, H. (2013). Improvement of e-Government Service Usability in Developing Countries: Empirical Experiences of Uganda. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 4(3), 263- 269.
- [39] V. Venkatesh, H. Hoehle and R. Aljafari, "A usability evaluation of the Obamacare website," *Government Information Quarterly*, 31, pp.669–680, 2014.
- [40] Harrison, C. and Petrie, Helen (2006): Severity of Usability and Accessibility Problems in eCommerce and eGovernment Websites. In: Proceedings of the HCI06 Conference on People and Computers XX 2006. pp. 255-262.
- [41] Sharma, Sushil K.; Smith, Sheila; Ahmed, Nazim; Sharma, Subhash Chander; Cata, Teuta (2008): Usability and accessibility study for Indian e-government Websites, In: *European Journal of Management, International Academy of Business and Economics*, Volume 8, Source Issue: 3, ISSN: 1555-4015
- [42] Szeróvay K. "Usability Of E-Government Websites, Evaluation Of The Hungarian E-Government Portal," Cofola 2011: The Conference Proceedings, 1. Edition. Brno: Masaryk University, (2011).
- [43] Horan, T. A., Abhichandani, T., & Rayalu, R. (2006). Assessing user satisfaction of e-government services: development and testing of quality-in-use satisfaction with advanced traveler information systems (ATIS). In *System Sciences, 2006. HICSS'06. Proceedings of the 39th Annual Hawaii International Conference on (Vol. 4, pp. 83b-83b)*. IEEE.
- [44] Rababah, Osama, Hamtini, Thair, Harfoushi, Osama, Al-Shboul, Bashar, Obiedat, Ruba and Nawafleh, Sahem, (2013), "Towards Developing Successful E-Government Websites", *Journal of Software Engineering and Applications*, 2013, 6, pp.559-563.
- [45] Xiao Jiang and Shaobo Ji ,(2014) , "E-Government Web Portal Adoption: A Service Level and Service Quality Perspective", 2014 47th Hawaii International Conference on System Science, pp.2179-2188.
- [46] Jati, Handaru (2008) Performance Evaluation of Malaysian University Website. In: *International Graduate Conference on Engineering and Science*, 23-24 December 2008, Universiti Teknologi Malaysia.
- [47] Jati, H. (2011). Quality Ranking of E-Government Websites: PROMETHEE II Approach. *International Conference for Informatics for Development*, Yogyakarta.
- [48] Jati, H. (2012). Quality Ranking of E-Government Websites - Grey Analysis Approach", *Proceedings of The International Conference On Computer And Computational Intelligence*; 317-322
- [49] Rogers, Y. , Sharp, H. and Preece, J. "Interaction Design: Beyond Human Computer Interaction," 2nd Edition, Wily, New Jersey, 2007.
- [50] Fast Link Checker 1.6.0.0587, (2005-2009), Web Tweak Tools.Net, available at: <http://www.fastlinkchecker.com/visited> on 10/01/2016
- [51] <http://www.websiteoptimization.com>
- [52] HTML Validator, (1994-2009), Markup Validation Service, available at: <http://validator.w3.org/>, visited between 1/10/2016 – 25/01/2016
- [53] HTML code help, search engine optimization and Website maintenance tools by NetMechanic,http://www.netmechanic.com/products/HTML_To_olbox_FreeSample.shtml, Jan 2016.
- [54] Thereaux, Olivier. "W3c Markup Validation Service." (1994-2010). <<http://validator.w3.org/>>.
- [55] <http://jigsaw.w3.org/CSS-validator/>
- [56] Thereaux, Olivier. "W3c Css Validation Service." (1994-2009). <<http://jigsaw.w3.org/cssvalidator/>>.
- [57] Fundaci'on CTIC, "TAW". Internet: <http://www.tawdis.net/>
- [58] SortSite, <http://www.powermapper.com/>
- [59] <http://www.websitepulse.com/>
- [60] Tools.pingdom.com
- [61] WebAIM, "WAVE". Internet: <http://wave.webaim.org/>
- [62] (<https://www.turkiye.gov.tr/>)
- [63] Sakthivel, M., Devadasan, S. R., Vinodh, S., Ramesh, A., & Shyamsundar, S. (2007). ISO 9001:2000 based Quality Information Management Responsibility System. *International Journal of Business Information Systems*, 2(2), 217-237.
- [64] <http://www.thesitewizard.com/webdesign/htmlvalidation.shtml>
- [65] Ramsay, Judith, Barbesi, Alessandro and Preece, Jenny, (1998) "A psychological investigation of long retrieval times on the World Wide Web", *Interacting with Computer* (1998) 10 (1): pp.77-86.
- [66] Krishnamurthy, B., and Wills, C.: 'Cat and Mouse: Content Delivery Tradeoffs in Web Access', in Editor (Ed.) (Eds.): 'Book Cat and Mouse: Content Delivery Tradeoffs in Web Access' (2006, edn.), pp. 337 - 346
- [67] Yuan, J., Chi, C., and Sun, Q.: 'A More Precise Model for Web Retrieval', in Editor (Ed.) (Eds.): 'Book A More Precise Model for Web Retrieval' (ACM, 2005, edn.), pp. 926 – 927
- [68] Alshawi, S., Alahmary, A., and Alalwany, H., (2007), "Egovernment Evaluation Factors: Citizen's Perspective", *European and Mediterranean Conference on Information Systems*, Vol. 28, pp. 1-12.
- [69] Abanumy, A., Al-Badi, A., and Mayhew, P., (2006), "EGovernment Website Accessibility: In-Depth Evaluation of Saudi Arabia and Oman", Vol. 3, Issue. 3, pp. 99-106.
- [70] World Wide Web Consortium (W3C), "About The W3C Markup Validation Service". Internet: <http://validator.w3.org/about.html> (Available 25 January 2016)
- [71] World Wide Web Consortium (W3C), "The CSS Validation Service".Internet: <http://jigsaw.w3.org/css-validator/> (Available 25 January 2016)
- [72] McCowen, F., Michael, N., and Bollen, J.: 'The Availability and Persistence of Web References in D-Lib Magazine'. *Proc. the 5th International Web Archiving Workshop and Digital Preservation (IWA'05)*, Viena 2005.
- [73] Handaru, Jati & Dhanapal, Durai Dominic. Quality Evaluation of E-government Website Using Web Diagnostic Tools: Asian Case. (2009).

Sistema de Informação em Saúde para a análise de avaliações médicas

Health Information System for medical survey analysis

Gabriel Spadon de Souza, Ronaldo Celso Messias Correia, Rogério Eduardo Garcia,

Celso Olivete Júnior, Bruno Renan Gelako Santos

Departamento de Matemática e Computação (DMC)

Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT/UNESP

Presidente Prudente, Brasil

gabriel@spadon.com.br, {ronaldo, rogerio, olivete}@fct.unesp.br, brgsto@hotmail.com

Resumo — Os serviços de saúde encontram dificuldades para padronizar seus dados e obter resultados precisos, pois a coleta, manipulação e análise de resultados são elaborados manualmente por profissionais da área, podendo apresentar resultados indesejados, seja por formulários preenchidos indevidamente, por dificuldade de interpretação de diagnósticos ou desinteresse no preenchimento. O objetivo deste trabalho é apresentar um SIS (Sistema de Informações em Saúde), em que o processo e a análise de dados é realizados de forma a garantir a integridade e a consistência dos dados. Especificamente, apresenta-se o WebSISLapam, um sistema desenvolvido para coletar, organizar e analisar os dados de avaliações médicas, apoiado à criação e reutilização de formulários, perguntas e variáveis quantitativas e qualitativas.

Palavras-chave: *Sistemas de Informação em Saúde (SIS); análises médicas; sistemas web; e-Health; WebSISLapam.*

Abstract — The process of data collection involves the organization of a group of questions, where its answers will be analyzed to obtain results. This process is faced with difficulty of standardization and obtaining accurate results, where usually the collect, storage and computation of results are manually realized. Several factors may cause unwanted results, like poorly completed forms, difficulty of interpretation of what was informed and disinterest of who fills it. Not all problems can be simply solved, but HIS (Health Information System) aids the process and data analysis, ensuring consistency and integrity. This work presents WebSISLapam, a web application to collect, organize and analyze data related to medical survey responses, supporting the creation and reuse of forms, questions and quantitative and qualitative variables.

Keywords-component: *Health Information System (HIS); medical analysis; web system; e-Health; WebSISLapam.*

I. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), Sistemas de Informação em Saúde (SIS) são ferramentas para coleta, gerenciamento e processamento de informações médicas, objetivando o melhor desempenho da gestão e do planejamento dos órgãos ligados à saúde. São sistemas capazes

de organizar, viabilizar e avaliar serviços relacionados à área médica [4].

Paralelamente, o conceito de *e-Health*, quando associado ao SIS, permite melhor gerenciamento e planejamento de ações médicas [2,4]. Eysenbach (2001), descreve o *e-Health* como um campo que sobrepõe a informática médica e a saúde pública; objetivando aprimorar serviços, executados através de aplicações e sistemas online, que desempenham papel importante em diferentes áreas da saúde. O termo *e-Health* caracteriza tecnologias, atitudes e metodologias que atuam no processo de gerência da saúde a nível local, regional e mundial, proporcionando melhora na qualidade de vida da população.

O atual modelo de assistência à saúde apresenta características que dificultam o trabalho médico, uma vez que o uso dos dados é, em sua grande maioria, centralizado, limitado e demorado, ocasionando lentidão em sua análise [1]. Para a arrecadação de subsídios, planejamento e gestão em saúde, visando à melhoria do atual modelo de assistência, a coleta e análise dos dados, bem como a geração de informações, devem ser realizadas em tempo oportuno e com precisão satisfatória.

Deste modo, a internet se apresenta como ambiente ideal para o uso de sistemas de informação, pois possibilita a aquisição de dados e a troca de informações em tempo oportuno, fato que permite o avanço colaborativo de diversas áreas de estudo, inclusive a área médica [3]. Por este motivo, diversos profissionais desempenham papel importante nos ambientes digitais, e contribuem ativamente na disseminação de informações.

Nesse sentido, apresenta-se uma aplicação embasada nos conceitos do *e-Health*, utilizando-se da internet para atender os usuários e notificar as ocorrências de saúde, com foco na melhoria do processo e da eficiência de avaliações clínicas de pacientes, caracterizando um SIS.

Assim, o objetivo deste trabalho foi fornecer aos órgãos relacionados à pesquisa e a saúde, a exclusividade sobre seus dados, com a definição de um ambiente de avaliações clínicas, independentemente da área médica. Este ambiente possibilita a

definição de variáveis, a coleta de dados e a geração de relatórios estatísticos. Neste contexto, o objetivo é resumido à seguinte hipótese metodológica: *um Sistema de Informação em Saúde, se aplicado sobre um domínio específico, pode auxiliar na prevenção e controle de enfermidades, apresentando maior desempenho quando apoiado por tecnologias que viabilizam o acesso de seus utilizadores, facilitando o trabalho de diagnóstico e acompanhamento.*

Como resultado, o presente trabalho, embasado no sucesso de avaliações médicas executadas entre os anos de 2011 e 2015, apresenta um sistema de informação em saúde para avaliação de pessoas, denominado WebSISLapam. O sistema é capaz de armazenar e analisar dados que possibilitam a gestão e o planejamento na área da saúde, na região de Presidente Prudente, SP – Brasil; foi desenvolvido em parceria com o Centro de Estudos e Laboratório de Avaliação e Prescrição de Atividades Motoras (CELAPAM), da Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus de Presidente Prudente, SP - Brasil.

Este artigo está organizado em seis seções. Além desta, a *Seção 2* apresenta a utilização dos SIS e demonstra as estruturas de avaliações e as variáveis utilizadas como base do sistema. Na *Seção 3* é apresentado o WebSISLapam e suas contribuições para avanço das análises de avaliações médicas. A *Seção 4* expõe um estudo de caso pormenorizado, utilizado para demonstrar o funcionamento do processo de coleta e análise de dados realizado pelo sistema. Na *Seção 5* são expostos os resultados, demonstrando as vantagens de utilização do WebSISLapam. Por fim, na *Seção 6* são apresentadas as considerações finais, bem como alguns encaminhamentos futuros.

II. ESTRUTURAS DE AVALIAÇÕES DE VARIÁVEIS

O estudo de Serbanati e Vasilateanu (2011) apresenta uma arquitetura multiplataforma para o Registro Médico Virtual (RMV), utilizando-se de Registros Médicos Eletrônicos (RME), criados para auxiliar o processo médico, diminuir o erro humano, reduzir custos e promover a padronização de dados para obtenção de análises concisas. A implementação apresentada por estes autores demonstra um modelo que dispõe de serviços cooperativos de descobertas baseados em agentes. Ainda ressalta que uma importante etapa e desafio para o processo de assistência à saúde é a forma de armazenamento dos dados do paciente [5,6].

Os SIS estão embasados nas primitivas do *e-Health*, que correspondem a um modelo para elevação da qualidade do processo e de cuidados relacionados à saúde, que devem garantir a relação profissional-paciente, uma vez que as coletas de dados devem ser gerenciadas por profissionais com conhecimento teórico-técnico adequado, pertencentes à área da saúde.

Numa análise de dados relacionados à saúde objetiva-se identificar progressos, problemas, ou comportamentos inusitados sobre os avaliados, e os resultados obtidos na análise são utilizados no processo de tomada de decisão, com foco na melhoria da qualidade de vida do paciente [1,5].

O método de avaliação adotado para o desenvolvimento do WebSISLapam, se inicia com a definição de um objetivo, sendo que, para cada objetivo distinto existe uma coleção de perguntas devidamente definidas que, por conseguinte, possuem um extenso conjunto de variáveis quantitativas ou qualitativas e, a correta definição do objetivo, das perguntas e variáveis, garante a computação de resultados [6].

O processo de análise e coleta de dados é útil na área da saúde, especialmente relacionado à saúde pública, em que existe a necessidade de organizar informações que, a posteriori, possibilitarão a análise dos resultados por grupos de interesse, distribuídos, por exemplo, por sexo, faixa etária, perfil socioeconômico, educacional, fatores de risco, tipo de doença, hábitos cotidianos, entre outras variáveis que poderão ser relacionadas em um SIS [8].

O desenvolvimento de ferramentas que possibilitem a padronização e eficiência na coleta, manipulação e análise de dados se faz necessário, sendo o WebSISLapam uma alternativa, pois trabalha com variáveis quantitativas e qualitativas - os dados quantitativos são expressos em valores numéricos, obtidos por instrumentos de medição, enquanto que os dados qualitativos são separados em diferentes categorias, distinguidas por características e expressos por atributos [8,10].

Além disso, o sistema em questão se diferencia de sistemas médicos – disponíveis em hospitais – por ter seu foco na melhora contínua da qualidade de vida dos indivíduos, e não no tratamento de enfermidades que os pacientes possam apresentar. O WebSISLapam não substitui o controle às doenças, mas auxilia na melhora contínua da qualidade de vida, permitindo sua prevenção; além disso, ressalta-se que seus gestores e utilizadores são profissionais da área de fisioterapia, nutrição e educação física.

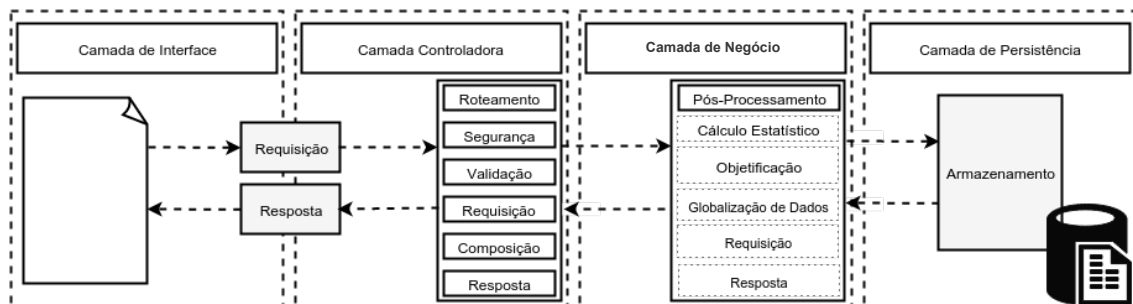


Figura 1 – Modelagem MVC

III. ESTRUTURA DO WEBSISLAPAM

O WebSISLapam é um Sistema de Informações em Saúde desenvolvido em parceria com o Centro de Estudos e Laboratório de Avaliação e Prescrição de Atividades Motoras (CELAPAM)

O CELAPAM é uma entidade que atua na área da saúde através da avaliação física de pessoas. Seus projetos, de maneira geral, visam à descoberta de grupos de pacientes que necessitam de mudanças em seus hábitos cotidianos, além do acompanhamento individual para determinados pacientes com casos especiais. Essas mudanças têm como objetivo a melhoria da saúde e da qualidade de vida.

Considerando o objetivo proposto, o sistema foi modelado de acordo com diferentes estruturas metodológicas, visando o armazenamento e o relacionamento entre seus dados [8,7]. O WebSISLapam faz uso de um modelo alternativo, composto de quatro camadas, correspondentes à abstração de projeto, são elas: Camada de Interface, Camada de Persistência, Camada de Negócios e a Camada Controladora, correlacionadas ao padrão de implementação MVC (Model; View; Controller) [7,9], porém denominado pelo presente projeto como MVC híbrido ou MVBC (Model; View; Business; Controller) (Figura 1).

A Camada de Interface trabalha como meio de obtenção e representação de dados. A Camada Controladora é composta por diversas entidades, responsáveis por processar as requisições dos usuários e realizar chamadas aos objetos da Camada de Negócios, que por sua vez, atua sobre a modelagem dos dados para a implementação das regras de negócios (Figura

1). Por fim, a Camada de Persistência fornece o acesso dos objetos ao banco de dados [8].

Especificamente, o WebSISLapam, ao receber uma requisição por meio da Camada de Interface, transfere seu pedido à Camada Controladora, que imediatamente verifica os dados informados e os transfere para a Camada de Negócios, que é responsável por fazer o intermédio entre as entidades de processamento e armazenamento; ela é quem garante a integridade dos dados, realizando extensos pós-processamentos e garantindo a funcionalidade estatística de todo o sistema. Ao receber os dados, a Camada de Negócios, transforma-os em objetos do sistema, que são utilizados para extensos cálculos estatísticos, comuns entre diferentes projetos. Os resultados obtidos através do processamento de cada objeto são utilizados para balancear as informações entre as entidades ativas no sistema, imediatamente tornando os dados disponíveis aos outros usuários. Por fim, os objetos são passados a Camada de Persistência, que realiza processos envolvendo a conexão externa com o banco de dados.

A estrutura utilizada para o desenvolvimento do sistema foi elaborada de forma a atender as necessidades dos usuários em comparação com diversos Sistema de Gerenciamento de Conteúdo (CMS) e arcabouços de linguagens de programação disponíveis. Em seu desenvolvimento, nenhum foi capaz de ser utilizado para seu propósito, pois não garantiram desempenho e escalabilidade equivalente ao WebSISLapam. Acredita-se que, apesar do domínio aplicado à saúde, é possível transformar a mesma lógica de sistema, para auxiliar o processo de pós-processamento de diversas aplicações on-line.

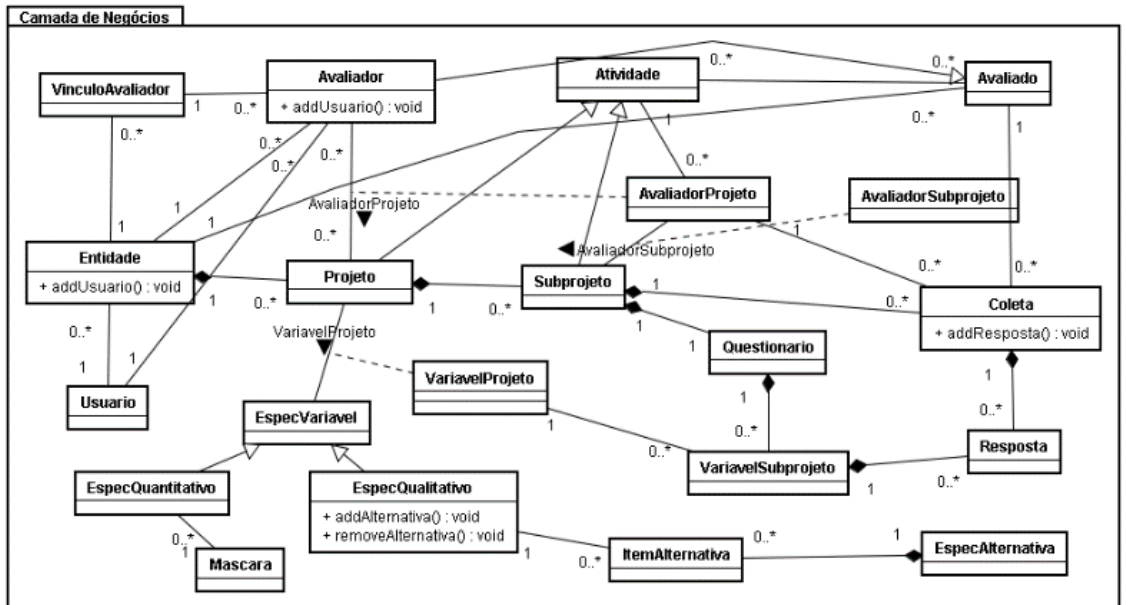


Figura 2- Camada de Negócio

A Figura 2 representa a estrutura da Camada de Negócios, exemplificando as relações entre os diferentes módulos do WebSISLapam. Nela estão contidos os usuários, vínculos, entidades e a relação de trabalho com determinado projeto, em que se executa coletas e atividades sobre um avaliado, demonstrando relacionamentos e cardinalidades entre estas diagramações. Também é demonstrado nesta camada o processo de coletas, que ocorre por meio de questionários e que contém variáveis quantitativas e qualitativas, gerando respostas relacionadas as variáveis dos projetos e de seus subprojetos.

IV. ESTUDO DE CASO UTILIZANDO O WEBSISLAPAM

Para análise dos recursos e funcionalidades disponibilizados pelo WebSISLapam, foi elaborado um estudo de caso com dados simulados, considerando um dos projetos reais do CELAPAM, resguardando o sigilo das informações dos pacientes que possuem registros no sistema.

O WebSISLapam permite a organização de entidades com seus devidos avaliadores, avaliados, projetos e subprojetos, a criação de perguntas quantitativas e qualitativas, a definição de permissões de acessos aos dados, a coleta de dados e a análise dos resultados por meio de gráficos que comparam grupos de pessoas ou a progressão individual do analisado.

Considerando a estrutura lógica do WebSISLapam, as Figuras 3, 4, 5 e 6 explicitam como se dá o processo de inserir um usuário no sistema e quais são os tipos de dados aceitos por este. A Figura 3 ilustra a relação de avaliadores que estão vinculados a um determinado projeto. São apresentadas as permissões subdivididas por projetos para cada um dos avaliadores cadastrados, em que é definido se estes possuem, ou não, a permissão de inclusão, edição e/ou exclusão de variáveis de coleta, relacionadas à um determinado projeto.

A opção de inclusão de variáveis quantitativas é visualizada na Figura 4. Os dados qualitativos, por sua vez, são descritos na Figura 5, em que as perguntas estão sobre o campo “variável”. Uma vez criada, pode ser reaproveitada em diferentes avaliações e projetos. No item máscara é definido o tipo de resposta esperada para a pergunta, convencionados em: inteiro, decimal, hora e data. Nos campos: mínimo e máximo, são especificados o intervalo de valores permitidos às respostas, variando dentre a opção de máscara selecionada.

Avaliadores

Gerencie as permissões dos avaliadores do projeto nos subprojetos. Você pode incluir um novo avaliador no projeto, vinculá-lo a um subprojeto com uma determinada permissão (incluir, editar e/ou excluir) sobre os dados.

Adicionar Avaliador

Opções	Avaliador			Permissões nos subprojetos	
	ID	Nome	Vínculo	Subprojeto: SA	Subprojeto: SE
17	Avaliador2	Aluno da Graduação	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
18	Avaliador3	Aluno da Graduação	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
19	Avaliador4	Aluno de Pós-Graduação	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
20	Avaliador5	Aluno de Pós-Graduação	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	

Salvar Alterações Permissão para incluir

Figura 3 – Relação de avaliadores do projeto e suas permissões

Adicionar Variável Qualitativa ao Projeto

1 - Variável 2 - Adicionar opção de resposta

Variável:
Fuma?

Opções de resposta:
Sim
Valor de exportação: 1
Excluir

Não
Valor de exportação: 0
Excluir

Cadastrar

Adicionar Variável ao Projeto

*Variável:

*Máscara:

*Mínimo: Inteiro ou Decimal

*Máximo: Inteiro ou Decimal

Cadastrar

Figura 4 – Interface de cadastro de perguntas quantitativas

Figura 5 – Interface de cadastro de perguntas qualitativas

No campo representado pela Figura 5 é demonstrado o vínculo de valores inteiros para respostas de presença/ausência, “sim” ou “não”, adotando o valor 1 (um) para representar “sim” e 0 (zero) para representar “não”. Tais valores são definidos no momento de cadastro de cada variável.

A Figura 6 apresenta a interface de coleta de dados visualizada pelo usuário, em que, para cada variável há informações auxiliares referentes à resposta que deve ser inserida. Por exemplo, para a pergunta número 1 (porcentagem de Gordura Corporal), o valor mínimo permitido é 0 e o máximo é 100, sendo que esta resposta deve ser do tipo decimal. Ainda é possível rever as últimas coletas do avaliado, neste caso, João da Silva (nome fictício).

Nova Coleta

Avaliador Avaliador 1

Subprojeto: Saúde e Acompanhamento

* Data da Coleta
 Data

* Nome do Avaliado
 Texto

* Data de Nascimento
 Data

Sexo

Etnia

1. % de Gordura Corporal
 100 Decimal Últimas coletas

2. Peso em Kg
 500 Decimal Últimas coletas Consulte as últimas coletas do avaliado para esta variável

3. Está satisfeito com sua condição física?
 a. Sim
 b. Não

Figura 6 – Formulário de coleta de dados no sistema

As atividades realizadas durante a coleta dos dados podem ser visualizadas nos diagramas representados pelas Figuras 7, 8 e 9. Estas atividades asseguram que uma coleta de dados seja única, que a pessoa que está sendo avaliada esteja vinculada ao projeto corrente e que todas as respostas informadas sejam armazenadas.

O processo representado pela Figura 7 tem início no momento em que um avaliado salva a coleta de um paciente, caso a coleta já exista, uma mensagem é emitida, alertando sobre a duplicidade; caso não exista, é validada segundo a máscara da resposta. Se corresponder ao tipo da máscara, a coleta é salva. Por fim, se não existirem repostas é retornado que nada foi coletado.

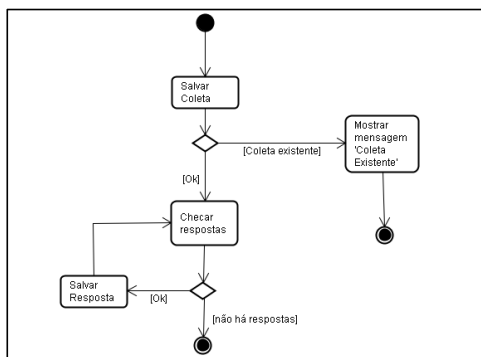


Figura 7 - Diagrama de Atividade (Coletar Dados)

O processo descrito pela Figura 8 tem início na verificação da coleta, que se inicia caso exista um registro igualitário de uma coleta anterior. O processo prossegue com a verificação do cadastro de paciente. Se este paciente não está cadastrado, é iniciado o cadastro de usuário, caso contrário, vincula o avaliado ao projeto e posteriormente salva a coleta.

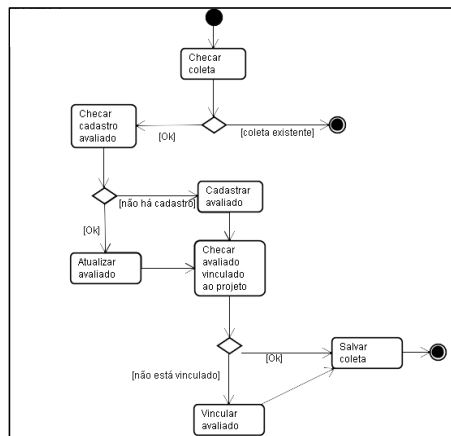


Figura 8 - Diagrama de Atividades (Salvar Coleta)

Por fim, o diagrama representado pela Figura 9 indica o procedimento de salvar uma resposta, que tem início na verificação da resposta; caso esteja cadastrada atualiza a mesma, caso não, salva uma nova resposta.

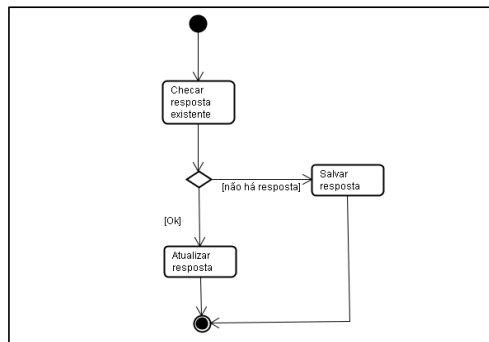


Figura 9 - Diagrama de Atividades (Salvar Resposta)

Após o processo de coletas é possível fazer uma avaliação das tarefas desenvolvidas, analisando de forma visual, os dados coletados através de gráficos.

A Figura 10 demonstra a variação de valores de uma variável quantitativa referente à um paciente, relacionando valores e período de tempo, em diferentes coletas.

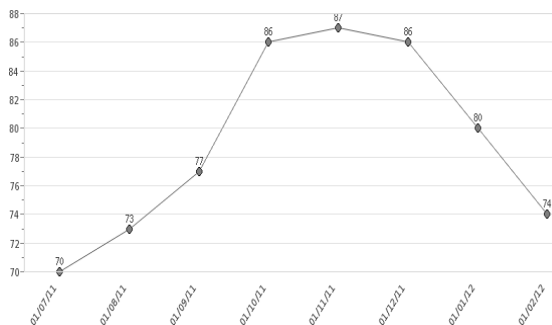


Figura 10 – Acompanhamento de variável quantitativa

A Figura 11 apresenta o gráfico do percentual de respostas coletadas para a pergunta: “Está satisfeito com sua condição física?”. Verifica-se que a quantidade de pacientes satisfeitos com a condição física é superior à de insatisfeitos, haja vista que 75% das respostas coletadas foram “sim” e, apenas 25% “não”.

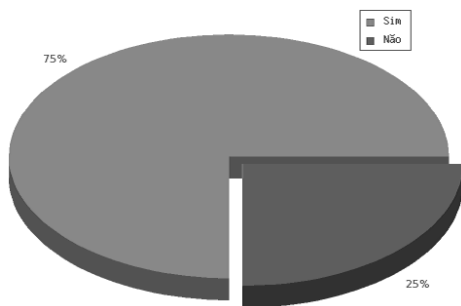


Figura 11 – Acompanhamento do avaliado para variável qualitativa

Os elementos apresentados neste estudo serviram para exemplificar como é realizada a coleta de dados, sua implementação e análise no WebSISLapam, um sistema de informação em saúde. Como exemplificado, o processo de tratamento dos dados é transparente para o avaliador, uma vez que ele é capaz de definir as regras de validação de sua avaliação; entretanto, o processamento de dados ocorre em

modo caixa preta para os avaliadores, uma vez que, estes não são responsáveis pela integridade estatística de todos os projetos e entidades do sistema – que são responsabilidades pré-programadas e executadas pela *Camada de Negócio*. Os resultados coletados por uma entidade singular, como exemplificado pelo estudo de caso apresentado, permite que o sistema faça análises estatísticas, como correlação e inferência, para citar alguns e, então, caracterizar um avaliado entre sua participação em projetos distintos, auxiliando em seu diagnóstico como um todo. Assim, o avaliado é estudado a nível local – pelo avaliador – e global – pelo sistema.

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme o exposto, verifica-se que o Sistema de Informação em Saúde, especificamente o WebSISLapam, utilizando-se da metodologia apresentada pelo *e-Health*, é uma importante ferramenta, pois, é capaz de manipular, armazenar e

analisar dados com precisão e eficiência, diante do processo de coleta e análise de informações médicas.

Por meio da inserção dos dados qualitativos e quantitativos e seu armazenamento, processamento e manipulação, visando à análise e geração de relatórios, bem como a visualização da informação sistematizada por meio de figuras e gráficos, verificou-se que o WebSISLapam permite suporte rápido e fácil aos profissionais da área da saúde que lidam com a informação cadastral.

Com o estudo aplicado, fazendo uso do WebSISLapam, foi possível apresentar uma ferramenta capaz de armazenar um conjunto dinâmico de perguntas, integradas entre os diversos projetos de maneira colaborativa, demonstrando a facilidade de utilização da ferramenta por meio de uma interface com boa usabilidade, confidencialidade e apresentando precisão nas análises sobre os dados coletados.

O WebSISLapam permite a organização de entidades com seus devidos avaliadores, avaliados, projetos e subprojetos, a criação de perguntas quantitativas e qualitativas, a definição de permissões de acessos aos dados, a coleta de dados e a análise dos resultados por meio de gráficos, oferecendo subsídios a gestão e ao planejamento dos órgãos que trabalham com a saúde, podendo contribuir com a qualidade de vida da população.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de sistemas online possibilita que pessoas, em diferentes locais, estejam trabalhando sobre um mesmo sistema para a resolução de problemas de interesse comum. Os SIS, neste caso especialmente o WebSISLapam, representam um avanço nas pesquisas da área da saúde, possibilitando melhor gestão e planejamento dos serviços de saúde.

O diferencial do WebSISLapam em relação as demais ferramentas disponíveis se dá, sobretudo, pela sua estrutura inovadora de camadas, além da facilidade de criação dos questionários para avaliação, que são dinâmicos para cada projeto e podem ser reutilizados em outros, e ainda, o gerenciamento do processo de coleta de dados e acompanhamento por meio dos gráficos.

Deste modo, o objetivo, que foi resumido à seguinte hipótese metodológica: *um Sistema de Informação em Saúde, se aplicado sobre um domínio específico, pode auxiliar na prevenção e controle de enfermidades, apresentando maior desempenho quando apoiado por tecnologias que viabilizam o acesso de seus utilizadores, facilitando o trabalho de diagnóstico e acompanhamento*, foi demonstrada verdadeira pelo desempenho da arquitetura de camadas e seu produto, a ferramenta WebSISLapam.

Para o futuro, pretende-se se expandir a capacidade do sistema de interação com outras áreas dos serviços de saúde, mantendo-o atualizado, compatível e coerente segundo às necessidades dos profissionais que dele se utilizam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Salvia, J. Ysseldyke, 1991. “*Avaliação em educação especial e corretiva*”. 4 ed., Manole, São Paulo, Traduzido por Doris Sanches Pinheiro.

- [2] G. Eysenbach, 2014, "What is e-Health?". *JMIR Res Protoc.*, 28 ed..
- [3] R. Görlitz, B. Seip, A. Rashid, V. Zacharias, 2010, "Health 2.0 In Practice: A Review Of German Health Care Web Portals", IADIS International Conference WWW/Internet 2010, Timisoara, Romania, pp. 49-56.
- [4] S.M.G. Ferreira, 1999, "Sistema De Informação em Saúde: Conceitos Fundamentais e Organização, Oficina de Capacitação para Docentes: Gestão Municipal na Área de Saúde", NESCON - Núcleo de Educação em Saúde Coletiva, Belo Horizonte – MG, Brasil.
- [5] A. Vasilateanu, L.D. Serbanati, 2010, "Multi-Agent Architecture For The Virtual", IADIS International Conference WWW/Internet 2010, Timisoara, Romania, pp. 272-276.
- [6] A. Vasilateanu, L.D. Serbanati, 2011, "e-Health Workflow-based Authorization using an Agent-oriented Virtual Health Care Record". In ICAART, pp. 439-442.
- [7] A. Leff, J.T. Rayfield, 2001, "Web-application development using the model/view/controller design pattern". In Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2001. EDOC '01. Proceedings. Fifth IEEE International, pp. 118–127.
- [8] B.R.G. Santos, 2011, "WebsISLapam: Sistema de avaliações de pessoas baseado em tecnologias WEB", Presidente Prudente. Disponível em: <http://goo.gl/sWUJGe>, Acessado em 28 de janeiro de 2015.
- [9] D. Selfa, M. Carrillo, M.D.R. Boone, 2006, "A database and web application based on mvc architecture". In Electronics, Communications and Computers. CONIELECOMP 2006. 16th International Conference on, pp. 48–48.
- [10] J. Wainer, 2007, "Métodos de pesquisa quantitativa e qualitativa para a ciência da computação", in Tomasz Kowaltowski and Karin Breitman. (Org.). Atualização em informática 2007. Sociedade Brasileira de Computação e Editora PUC-Rio, pp. 221-262.

Sistema de información para la cuantificación del riesgo operacional en entidades financieras

Information system for the quantification of operational risk in financial institutions

Maria Andrea Arias Serna, Jaime Alberto Echeverri Arias,
Juan Guillermo Murillo Gómez, Francisco José Caro Lopera
Universidad de Medellín.
Medellín, Colombia
jaecheverri@udem.edu.co, jgmurillo@udem.edu.co,
marias@udem.edu.co, fjcaro@udem.edu.co

Luis Ceferino Franco Arbeláez.
Instituto Tecnológico Metropolitano.
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.
Medellín, Colombia.
luisfranco@itm.edu.co

I. INTRODUCCIÓN

Resumen - En este trabajo se presentan el diseño y la implementación del sistema de información denominado *Operational Risk Management*, que facilita la cuantificación del riesgo operacional. El objetivo del sistema es dar cumplimiento a las normas nacionales e internacionales de regulación bancaria, que buscan controlar y gestionar las pérdidas financieras ocasionadas por fallas en los procesos, personas, sistemas o causadas por factores externos. En el trabajo se presentan y describen los componentes arquitectónicos del sistema, sus funcionalidades y la implementación para el cálculo del Valor por Riesgo Operacional (Op-VaR) y la obtención de la matriz de pérdidas esperadas e inesperadas, además se muestra como la arquitectura basada en filtros facilita los cálculos que requieren grandes volúmenes de datos con información financiera.

Palabras Clave: *arquitectura basada en filtros; ingeniería de software; riesgo operacional; distribución de pérdidas.*

Abstract - This paper presents the design and implementation of the information system called *Operational Risk Management* that facilitates the quantification of operational risk. The system goal is the fulfillment of national and international standards of banking regulation that search controlling and manage the financial losses resulting from failures in processes, people, systems or external factors. In the work is presents and describes the architectural components of the system, its functionalities and implementation for calculating the Operational Value at Risk (Op-VaR) and obtaining the matrix of expected and unexpected losses, also is shown as the architecture based on filters facilitates the calculations that require large volumes of data with financial information.

Keywords-component: *architecture based on filters; software engineering; operational risk; loss distribution.*

La creciente inestabilidad en los mercados financieros a nivel mundial ha generado la necesidad de sistemas de control y regulación de dichos mercados [1]. A nivel internacional, las plataformas para la gestión de riesgos financieros disponibles en el mercado (ERA, ADA, AIGR, CERO, entre otros), están orientadas, en general, a gestionar los riesgos operacionales en términos cualitativos. Este tipo de información es útil, pero no es suficiente, ya que desde hace algunos años los entes reguladores, a través de los Acuerdos de Basilea [2] y regulaciones locales, exigen a las entidades financieras adoptar sistemas de información que contengan mediciones de tipo cuantitativo y permitan estimar las pérdidas potenciales y por ende contar con planes de contingencia que faciliten la mitigación del riesgo operacional, definido en [3] como “la posibilidad de incurrir en pérdidas por deficiencias, fallas o inadecuaciones, en el recurso humano, los procesos, la tecnología, la infraestructura o por la ocurrencia de acontecimientos externos”. Este cambio obliga a la utilización de metodologías cuantitativas y por lo tanto sistemas ágiles que entreguen información confiable y oportuna.

Con el propósito de proporcionar una herramienta que facilite las mediciones cuantitativas necesarias para el cumplimiento de las normas y la minimización del impacto negativo frente a una posible materialización del riesgo operacional, en este trabajo se presentan el diseño y la arquitectura del sistema de información *Operational Risk Management (ORM)* para la cuantificación del riesgo operacional. El sistema permite estimar las pérdidas estimadas a partir de la aplicación de técnicas estadísticas, además de conocer las pérdidas en las que la entidad va incurriendo día a día y los eventos que las producen. El sistema está construido bajo el paradigma de Orientación a Objetos en el Framework .NET, en versiones *Windows Presentation Foundation (WPF)* y *Silverlight*, a las cuales se puede acceder en <http://www.sicrif.com/site/>.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la sección II se describen los conceptos teóricos que soportan el modelo inmerso en la aplicación; en la III se presenta la arquitectura del sistema diseñado y las capas componentes; en la IV se especifica el diseño basado en filtros; en la V se detallan los resultados obtenidos de la implementación del sistema y se hace una breve discusión de su interpretación. Finalmente, en la sección VI, las conclusiones y posibles trabajos futuros.

II. MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN DE PÉRDIDAS AGREGADAS

En esta sección se presenta el método de distribución de pérdidas agregadas, (LDA, por sus siglas en inglés Loss Distribution Approach) para la cuantificación del riesgo operacional, y una breve descripción teórica de las pruebas de bondad de ajuste, requeridas previamente para su aplicación. Dicho método es heredado del ámbito actuarial y tiene como objetivo la obtención de una función de distribución de pérdidas agregadas. El modelo se establece sobre la información de pérdidas históricas, registradas con base en la matriz que conforman las líneas de negocio, y los tipos de riesgos, descritos en los Acuerdos de Basilea.

Según los lineamientos del BIS (*Bank for International Settlements*), para determinar la carga de capital por riesgo operacional, se utiliza el *Op-VaR*, y se tienen las siguientes alternativas [2]:

Definición 1 (Op-VaR): Es el percentil 99.9% de la distribución de probabilidad de pérdida S :

$$P\{S > OpVaR\} = 0.1\% \quad (1)$$

Definición 2: Si se consideran sólo las pérdidas inesperadas se tiene:

$$P\{S > OpVaR - E(S)\} = 0.1\% \quad (2)$$

Donde $E(S)$ son las pérdidas totales esperadas, o sea:

$$E(S) = E \left[\sum_{i=0}^N X_i \right] \quad (3)$$

Donde X_i es el monto total de pérdidas para la frecuencia i .

Definición 3 (OpVaR sobre un umbral): La carga de capital es el percentil 99.9% de la distribución de pérdida total, donde solamente se consideran las pérdidas por encima de un umbral mínimo H .

$$P \left\{ \sum_{i=0}^N S_i * 1\{S_i \geq H\} > OpVaR \right\} = 0.1\% \quad (4)$$

Donde $\{S_i \geq H\}$ es igual a 1 si las pérdidas exceden el umbral H y 0 en otro caso.

Si el número de eventos N y las severidades X son variables aleatorias independientes, y que los eventos son independientes entre sí e idénticamente distribuidos [4], esto implica que nuestra distribución de pérdida tiene la forma:

$$S = \sum_{i=1}^N x_i \quad (5)$$

Mediante la ley de probabilidades totales se encuentra la función de distribución de pérdidas agregadas $F_S(S)$ [5]:

$$F_S(S) = \sum_{n=0}^{\infty} f_N(n) F_X^{*N}(S) \quad (6)$$

Donde $F_X^{*N}(S)$ denota una convolución.

PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE

Las pruebas de bondad de ajuste son un importante problema de investigación en la actualidad, pues dependen fuertemente de la hipótesis alternativa. Como es usual, las pruebas de bondad de ajuste a la distribución normal son cruciales. Por ejemplo, [6] recopila algunos trabajos sobre dicho problema y divide en cuatro categorías las diversas pruebas de normalidad: pruebas basadas en la distancia entre la distribución teórica y empírica ([7], [8]); estadísticos que combinan curtosis y asimetría ([9], [10]); pruebas basadas en generalizaciones de la típica chi-cuadrada de Pearson [11]; y, finalmente, pruebas basadas en regresión [12].

A. Prueba Chi-Cuadrado

Supóngase que se tiene una muestra aleatoria con N observaciones, cada una de las cuales podrá ser clasificada en una y solo una de las K posibles categorías [13]. Supóngase se presentan los resultados R_1, R_2, \dots, R_k , con frecuencias observadas O_1, O_2, \dots, O_k . Si se plantea una hipótesis nula donde se especifica que las probabilidades de que una observación se encuentre en cada una de las categorías son p_1, p_2, \dots, p_k , entonces bajo (H_0), los valores esperados en estas categorías serán E_1, E_2, \dots, E_k , donde $E_i = Np_i$ y $p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$.

Una prueba con un nivel de significancia α de H_0 frente a la hipótesis alternativa H_a de que las probabilidades específicas no son correctas, estará basada en la siguiente regla de decisión:

Rechaza (H_0) si

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} > \chi_{k-1, \alpha}^2 \quad (7)$$

Donde $\chi_{k-1, \alpha}^2$ es tal que $P(\chi_{k-1}^2 > \chi_{k-1, \alpha}^2) = \alpha$.

La variable aleatoria χ_{k-1}^2 sigue una distribución chi-cuadrado con $(K - 1)$ grados de libertad.

B. Prueba de Kolmogorov –Smirnov:

Compara la función de distribución acumulada que se observa en la muestra ordenada $F_n(x)$ con la distribución propuesta bajo la hipótesis nula $F_0(x)$. En este caso se utiliza el estadístico [7]:

$$D_n = \max_n |F_n(x) - F_0(x)| \quad (8)$$

Decisión: Si esta comparación revela una diferencia suficientemente grande entre las funciones de distribución muestral y propuesta, entonces la hipótesis nula de la distribución se rechaza.

C. P – valor de la prueba:

Como otro criterio para fortalecer el rechazo o no de la prueba de hipótesis se analiza el criterio del valor P, el cual en lugar de contrastar la hipótesis con niveles de significancia asignados de antemano, busca determinar el menor nivel de significancia al cual puede rechazarse la hipótesis nula. Este valor está dado por:

$$P - \text{valor} = P(\chi^2_{k-1} > \chi^2_{k-1, \alpha}) \quad (9)$$

Tal y como se ha indicado, el presente trabajo ha incorporado la prueba basada en distancias para el estudio de la bondad de ajuste a distribuciones continuas; estudio posterior incluirá las cuatro categorías indicadas, no sólo para la bondad de ajuste a la distribución normal, sino para otras distribuciones continuas.

El ajuste de la muestra se explica desde el grado de linealidad de los puntos graficados. En este sentido se puede probar que el gráfico Q-Q no es más que una curva reparametrizada, por la normalidad, de la distribución empírica muestral. Clases de equivalencias de curvas pueden fácilmente establecerse, por ejemplo, las distribuciones simétricas con colas más pesadas que la normal tienen un gráfico Q-Q en forma de S invertida, en tanto que las distribuciones simétricas con colas más livianas que la gaussiana presentan un gráfico Q-Q en forma de S. Para distribuciones de colas cortas y sesgadas como ciertas betas, la forma del Q-Q plot tiene una apariencia de S degenerada, en tanto que distribuciones sesgadas de colas pesadas, tienen formas de curvas convexas.

III. COMPONENTES DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

Una arquitectura de software define un estilo de organización estructural de componentes y conectores, de tal manera que el impacto del patrón en los diferentes atributos no funcionales sea conocido ([14], [15]). El Sistema de Información (S.I) desarrollado consta de cuatro capas, Fig.1: productos, presentación, negocio y persistencia. La capa de producto permitió construir tanto la versión de escritorio como la versión web con la misma tecnología visual.

1. *Productos*: ejecutables y otros despliegues.

2. *Presentación*: desarrollos WPF y Silverlight.
3. *Negocio*: funciones .NET portátiles, que permiten una fácil migración a diferentes plataformas
4. *Persistencia*: desarrollos y llamado a bases de datos.

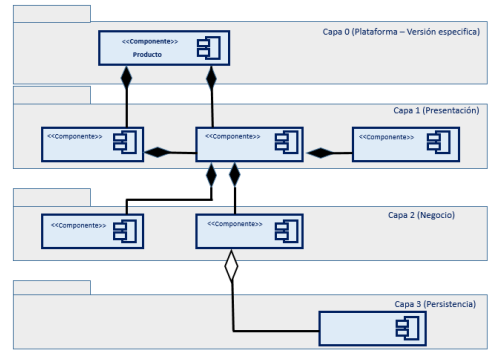


Figura 1. Arquitectura del sistema

La estructura de los módulos diseñados en el sistema permite la ejecución de filtros en cada uno de los procesos. Las fases definidas e implementadas, y que garantizan un acople apropiado para los cálculos relativos al cálculo del Riesgo operacional, son las siguientes: Localización, conversión, memoria, cálculos y filtrado para realizar las pruebas de ajuste correspondientes. En la Fig. 2 se detalla cada una.

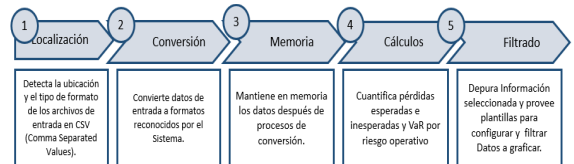


Figura 2. Etapas del proceso

IV. DISEÑO BASADO EN FILTROS (PIPELINE)

La arquitectura definida en el sistema permite la concurrencia de varios procesos y la segmentación en varios hilos, los cuales tienen lugar en unidades independientes dedicadas. La construcción de un módulo especial dedicado facilita la ejecución de cada subproceso y hace que este sea eficaz [16]. La Fig. 3 ilustra la forma en la que fluyen los datos entre los diferentes módulos componentes.



Figura 3. Flujo de datos en la arquitectura

El flujo de datos del sistema implementado permite comprender la evolución de los procesos, el cual se compone por diversas fases, dispuestas de manera secuencial, y en las cuales, la entrada de una es la salida de la anterior. Este tipo de disposición de etapas es frecuente en el desarrollo de programas para el intérprete de comandos, y permite encadenar comandos convenientemente con tuberías [17].

En el sistema implementado se suministra una cierta cantidad de memoria intermedia entre elementos contiguos, lo que hace factible su linealidad. La información que fluye entre elementos es a menudo una corriente de registros, bytes o bits, y los elementos de una tubería también son llamados filtros [18].

Los datos se sitúan y se hacen las conversiones a formatos solicitados por el sistema, los cuales se almacenan en una base de datos; en la siguiente fase los datos relevantes para los cálculos son cargados a memoria, una vez dispuestos en este espacio se realizan los respectivos análisis y los reportes utilizados para la toma de decisiones, tales como las pruebas de bondad de ajuste, cálculos de pérdida máxima esperada, inesperada y VaR por riesgo operacional.

Con los datos en memoria se obtienen también los gráficos que permiten tener una representación visual del comportamiento. Los datos que pasan a través de cada filtro en la Gestión del Riesgo operacional se componen de: fecha, frecuencia y severidad. La Fig. 5, muestra detalladamente la conexión entre los módulos componentes diseñados.

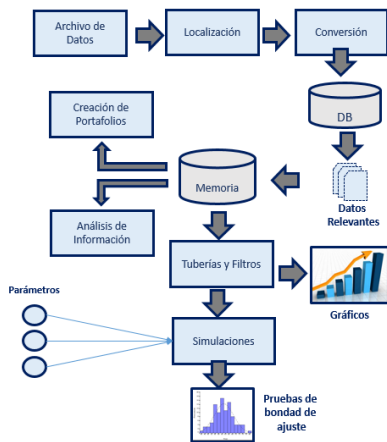


Figura 5. Flujo de información

v. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la implementación del sistema ORM, que está diseñado a partir de submenús lo cual facilita la interpretación de los resultados y permite una mejor experiencia al usuario. Como se describe

a lo largo de toda la sección, la aplicación permite: la obtención de la distribución de pérdidas agregadas por evento/línea de negocio, ajustar los datos a las distribuciones de probabilidad, modelizar la función de distribución de la frecuencia de ocurrencia por cada evento operacional, modelizar la función de distribución de los impactos o pérdidas por evento (severidad) y la construcción de la matriz de pérdidas.

Los datos de entrada fueron suministrados por una entidad del sector financiero en Colombia y contienen la información del número diario de eventos observados y el valor monetario de las pérdidas diarias por cada evento. Como se puede observar en la Fig. 6, los datos de entrada son cargados a partir de una hoja de cálculo. Una vez cargados, los datos deben clasificarse de acuerdo con ocho líneas de negocios (finanzas corporativas, negociación y venta, banca minorista, banca comercial, liquidaciones y pagos, servicios de agencias, administración de activos, intermediación minorista) y al evento de riesgo asociado (fraude interno, fraude externo, relaciones laborales, clientes, daños a activos físicos, fallas tecnológicas, ejecución y administración de procesos) [2].

El sistema facilita la configuración de tres parámetros de simulación, los cuales se pueden modificar en cada iteración; los parámetros a definir son: Grados de libertad (k), requerido para la prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrado, nivel de significancia α (Alpha), requerido para calcular las pérdidas esperadas e inesperadas y finalmente el número de iteraciones: número de simulaciones que se ejecutarán en cada corrida.

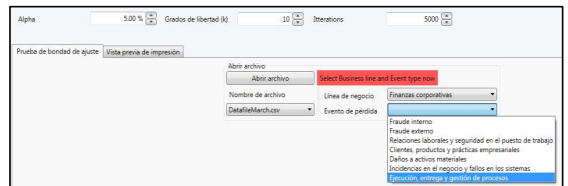


Figura 6. Configuración de líneas y eventos de pérdida.

Las pérdidas por riesgo operacional que se presentaron en la entidad financiera en estudio se expresaron como una función de dos variables aleatorias; la frecuencia y la severidad, y se emplearon distribuciones de probabilidad discreta para el número de eventos y distribuciones de probabilidad continuas para la severidad. Con el fin de dar a conocer el comportamiento de los datos de entrada, el S.I. permite calcular los estadísticos descriptivos como se observa en la Fig. 7.

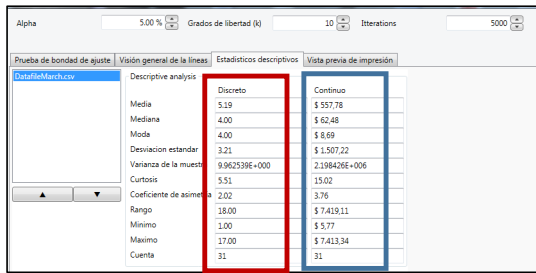


Figura 7. Estadísticos descriptivos

La primera columna (color rojo), muestra que en promedio se presentaron cinco eventos por fraude interno, más del 50% de los eventos por fraude interno ocurrieron más de 4 veces, siendo 4 la mayor frecuencia con la que ocurre el evento, el 68% de los eventos ocurrieron entre dos y ocho veces. Se presenta asimetría positiva, es decir, es poco probable que se presente una cantidad muy alta de eventos por fraude interno. Finalmente, el mínimo y máximo número de veces que se presentó un evento por fraude interno fue de 1 y 17, respectivamente. La segunda columna (color azul) correspondiente a los datos de la severidad, se observa, que en promedio se presentó una pérdida de \$ 557,78 por la materialización de los eventos, con una pérdida máxima de \$ 7.413 y mínima de \$ 5,77.

Para modelar la frecuencia de los eventos se emplearon las distribuciones de probabilidad Binomial, Binomial Negativa y la Poisson, dado que estas distribuciones modelizan de manera adecuada fenómenos cuyo resultado es la ocurrencia o no de un evento; para modelar la severidad de cada evento se emplearon las distribuciones Normal, Exponencial y Weibull.

ajustan a una distribución Poisson con media $\lambda=4.29$. Con el fin de proporcionar una prueba mucho más validada el S.I calcula el menor nivel de significancia al cual puede rechazarse la hipótesis nula obteniendo un valor P de $0.29 > 0.05 = \alpha$, lo que ratifica el ajuste, el cual se indica por medio de un color verde. Es de anotar que las diferencias para las distribuciones Binomial y binomial negativa son tan grandes y los valores P tan pequeños que inmediatamente el S.I las rechaza señalando con color rojo que no es adecuado tomar estas distribuciones para los futuros cálculos.

De forma similar, en el siguiente bloque, se muestran los resultados de la prueba Kolmogorov- Smirnov para el ajuste de las distribuciones Normal, Exponencial y Weibull. En este caso se puede observar que los datos de severidad no se ajustan a ninguna de las distribuciones en consideración, entonces, el S.I asume una distribución empírica para los cálculos posteriores.

En la parte inferior se muestra que el valor de la pérdida esperada para el siguiente año es de \$2.415, la pérdida inesperada causada por eventos no identificados es de \$8.957 y que el VaR operacional, es decir la máxima pérdida es de \$11.372, con un 95% de confianza; con estos valores posteriormente se construye una matriz que resume las pérdidas estimadas, como se observa en la Fig.9.

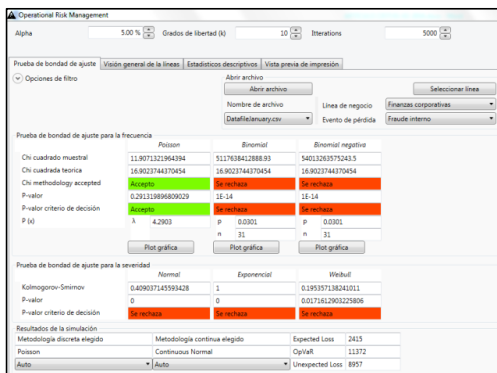


Figura 8. Pruebas de bondad de ajuste

Para seleccionar cuál de las tres distribuciones para modelar la frecuencia es la que mejor se ajusta a los datos se utilizó el test Chi-cuadrado. Como se puede observar en la Fig. 8 dado que la diferencia entre el valor muestral, 11.90 y el valor teórico 16.90 es pequeña se concluye que en efecto los datos se

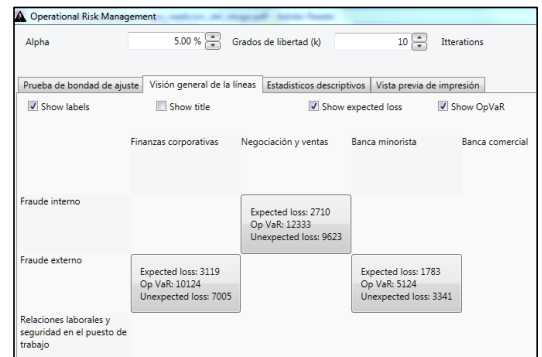


Figura 9. Matriz de pérdidas

Finalmente en la Fig. 10 se muestran los reportes generados con el consolidado de todos los resultados obtenidos (el mes analizado, ventana de observación, número de días que se están analizando, estadísticos descriptivos, pruebas de bondad de ajuste, pérdida esperada, pérdida inesperada, VaR por riesgo operacional y las gráficas).

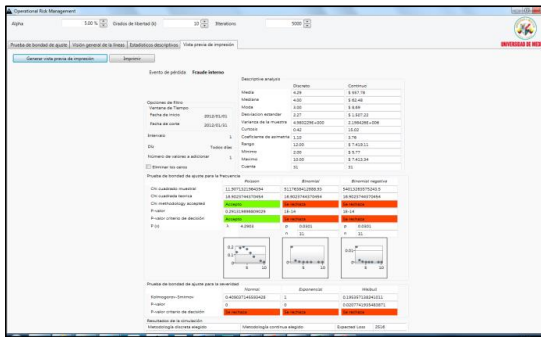


Figura 10. Reporte consolidado de resultados.

VI. CONCLUSIONES

Los Sistemas de Información se han convertido en una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia y la eficacia en los procesos complejos de toma de decisiones, y en particular, en aquellos en los que intervienen variables cuantitativas y grandes volúmenes de datos.

En este artículo se presentan el diseño arquitectónico y la implementación del sistema de información *Operational Risk Management*, aplicable para la cuantificación del riesgo operacional. El sistema facilita el procesamiento de la información necesaria para el cumplimiento de los estándares internacionales planteados por los Acuerdos de Basilea para el cálculo de la carga de capital por riesgo operacional. Se describen los componentes arquitectónicos del sistema, sus funcionalidades y la implementación para la obtención de la matriz de pérdidas estimadas y el cálculo del VaR operacional.

En este contexto, la utilización de las arquitecturas basadas en filtros ha permitido comprender el proceso por el cual deben pasar los datos de las simulaciones y la ventaja de requerir un menor acople entre componentes en cuanto a la entrada y salida de datos. Adicionalmente este tipo de arquitecturas le brindan al sistema escalabilidad y capacidades de expansión fácilmente configurables de acuerdo con las necesidades de las entidades que utilizan la herramienta.

El Sistema de Información ha sido validado en Colombia por una entidad financiera que desde hace algún tiempo ha usado la herramienta para la elaboración de los informes requeridos por los entes reguladores. Lo anterior ha permitido validar la precisión de las metodologías utilizadas para calcular el riesgo operacional, así como el buen funcionamiento del sistema al cumplir con las exigencias correspondientes a la regulación y las expectativas de control que tiene la entidad.

La oportunidad de investigación futura la definimos en los siguientes elementos: 1) Generalizar el método de [19] para

distribuciones sesgadas de colas pesadas; este aspecto es fundamental para fortalecer las pruebas de bondad de ajuste del presente trabajo, en tanto que permite abordar distribuciones como la Gama, la exponencial, la Weibull entre otras; 2) Generalizar el método para distribuciones de cola corta sesgadas; 3) Extender los dos métodos anteriores a muestras pequeñas, 4) Estudiar en el contexto de regresión polinomial bajo muestras pequeñas otras distribuciones sesgadas y simétricas como las elípticas.

El equipo de investigadores contempla incluir gráficas como histogramas, QQ-plot, PP-plot y otras funciones de distribución tanto continuas como discretas. Se avanza en el desarrollo de otros S.I. con una arquitectura similar a la expuesta en el presente trabajo, para la cuantificación del riesgo por lavado de activos y riesgo de liquidez [20].

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad de Medellín, por el apoyo concedido en el proyecto de investigación #645. Así mismo agradecemos al Instituto Tecnológico Metropolitano por su apoyo al proyecto P10224.

REFERENCIAS

- [1] F. R. B. Michael S. Gibson, «The Implications of Risk Management Information Systems for the Organization of Financial Firms,» *Board of Governors of the federal reserve system international finance Discussion*, vol. 31, nº 4, pp. 469-478, 1998.
- [2] Comité de supervisión Bancaria, «Marco internacional para la medición, seguimiento y regulación de riesgo de liquidez,» Banco de pagos internacionales, Suiza, 2010.
- [3] S. f. d. Colombia, «Superintendencia financiera de Colombia,» 15 2 2003. [En línea]. Available: <http://www.superfinanciera.gov.co>. [Último acceso: 28 06 2013].
- [4] J. Murillo, C. Franco y M. Arias, *Riesgo Operativo: Técnicas de modelación cuantitativa*, Medellín: Sello editorial Universidad de Medellín, 2014.
- [5] T. Rockafellar y t. Uryasev, «Conditional Value-at-Risk for general loss distributions,» *Journal of Banking and Finance*, vol. 26, nº 2, pp. 1443-1471, 2002.
- [6] H. Thode, *Testing for normality*, New York: Marcel Dekker, 2002.
- [7] A. Kolmogorov, «Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione,» *Giornale dell' Istituto Italiano Attuari*, nº 4, pp. 83-91, 1933.
- [8] T. A. a. D. Darling, «A test of goodness of fit,» *J. Amer. Statist. Assoc.*, nº 49, p. 141-160, 1954.
- [9] R. Geary, «Moments of the ratio of the mean deviation to the standard deviation for normal samples,» *Biometrika*, nº 28, pp. 295-307, 1936.
- [10] A. B. a. C. Jarque, «Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals,» *Econom. Lett.*, nº 6, p. 255-259, 1980.
- [11] R. D'Agostino y M. Stephens, *Goodness- of-Fit Techniques*, New York: Marcel Dekker, 1986.
- [12] S. Shapiro and M. Wilk, «An analysis of variance test for normality (complete samples),» *Biometrika*, nº 52, p. 591-611, 1965.
- [13] E. w. Daniel, *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*, Mexico: Editorial Limusa, 1979.

- [14] P. C. y. K. L. Bass, *Software Architecture in practice*, Addison-Wesley, 1998.
- [15] R. K. y. P. Clements, *Evaluating Software Architectures*, Addison Wesley, 2001.
- [16] P. Derek y L. Ziyang, «A multi-pipeline architecture for high-speed packet classification.» *Computer Communications*, vol. 1, n° 1, pp. 84-98, 2014.
- [17] J. Takala, J. Nikara, D. Akopian, J. Astola y J. Saarinen, «Pipeline architecture for 8×8 discrete cosine transform.» *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, vol. 6, pp. 3303-3306, 2000.
- [18] S. Ian, *Ingeniería del software*, New York: Addison Wesley, 2005.
- [19] D. Coin, «A goodness-of-fit test for normality based on polynomial regression.» *Computational Statistics and Data Analysis*, n° 52, pp. 2185-2198, 2008.
- [20] J. . A. Echeverri Arias , J. G. Murillo Gomez, M. A. Arias Serna , C. Kleine y L. C. Franco Arboleda, «Diseño de un sistema de información para la gestión del riesgo de liquidez en las entidades financieras.» de *Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, Portugal, 2015.

Evaluando la eficiencia de utilizar funciones de selección en Búsqueda Autónoma para resolver problemas de satisfacción de restricciones

Evaluating the efficient of using choice functions to solve CSPs via Autonomous Search

Ricardo Soto^{1,3,4}, Broderick Crawford^{1,3,6}, Rodrigo Olivares^{1,2}, Eduardo Olguín⁶

¹Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

²Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile

³Universidad Autónoma de Chile, Santiago, Chile

⁴Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

⁵Universidad Central, Santiago, Chile

⁶Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

Resumo — La programación con restricciones (CP, del inglés Constraint Programming) es un poderoso paradigma que permite resolver problemas de optimización y satisfacción de restricciones (CSPs, del inglés Constraint Satisfaction Problems). En este contexto, la eficiencia en la resolución de un problema cumple un rol fundamental, debiendo ser considerada y abordada al momento de emplear la estrategia de solución. Infortunadamente, la correcta selección de una estrategia de enumeración es una tarea compleja debido a que su comportamiento es comúnmente impredecible. Recientemente, la búsqueda autónoma (AS, del inglés Autonomous Search) apareció como una nueva técnica para enfrentar esta problemática. La idea es proveer al solver de un componente que permita adaptar la estrategia de resolución durante el proceso búsqueda. Esta tarea se realiza mediante una función de selección (CF, del inglés Choice Function) que decide cómo actualizar el proceso de resolución en base a cierta información de rendimiento. En este trabajo, evaluamos el impacto y la eficiencia al utilizar 16 diferentes funciones de selección. Para esta evaluación, se resolvieron diferentes instancias de problemas de satisfacción de restricciones conocidos. Los resultados obtenidos son prometedores, permitiendo determinar cuál es la mejor función de selección para resolver todas las instancias propuestas.

Palabras Clave - Programación con restricciones; búsqueda autónoma; función de selección.

Abstract — Constraint programming is a powerful paradigm that allows for solving optimization and constraint satisfaction problems (CSPs). In this context, a main concern of this technology is that the efficient problem resolution usually relies on the employed solving strategy. Unfortunately, selecting the proper one is known to be complex as the behavior of strategies is commonly unpredictable. Recently, Autonomous Search appeared as a new technique to tackle this concern. The idea is to let the solver adapt its strategy during solving time in order to improve performance. This task is controlled by a choice function which decides, based on performance information, how the strategy must be updated. In this paper, we evaluate the impact on the solving phase of 16 different choice functions. We employ as test bed a set of well-known benchmarks that collect general

features present on most CSPs. Interesting experimental results are obtained in order to provide the best-performing choice functions for solving CSPs.

Keywords - Constraint programming; autonomous search; choice function.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la programación con restricciones ha sido ampliamente utilizada para resolver problemas de satisfacción de restricciones y optimización, en múltiples áreas, tales como: computación gráfica, sistemas de base de datos, ingeniería eléctrica, biología molecular, planificación, entre otros [4]. En la programación con restricciones, los problemas son modelados en base a variables de decisión, el o los dominios de las variables y las restricciones del problema. Las variables son las incógnitas del problema y poseen un dominio de posibles valores, mientras que las restricciones son las relaciones entre las variables y sus posibles valores que son limitados o restringidos en base a estas restricciones. La resolución de un problema de satisfacción de restricciones se realiza mediante un motor de resolución, comúnmente llamado solver. El solver emplea una estructura de datos de árbol con todas las potenciales soluciones. Para explorar este árbol, se utiliza el algoritmo Backtracking Cronológico (o sólo Backtracking), intercalando las fases de enumeración y propagación. La fase de enumeración es la responsable de instanciar las variables con el fin de crear las ramas del árbol, mientras que la fase de propagación intenta podar el árbol mediante el filtrado de dominios de las variables que no conducen a una solución viable. Las fases de enumeración y propagación son controladas por la estrategia de solución.

En este contexto, la eficiencia del proceso de resolución es un problema que depende de la selección de la estrategia solución. De hecho, el uso de correcto de la estrategia puede mejorar drásticamente el proceso de búsqueda [6,1]. Infortunadamente, la correcta selección de la estrategia de solución es una tarea compleja, debido a que el comportamiento de las estrategias es comúnmente

impredecible y ciertamente depende del problema en cuestión. Recientemente, la búsqueda autónoma (AS, del inglés Autonomous Search) [7] apareció como una nueva técnica para enfrentar esta problemática. La idea es proveer al solver de un componente que permita adaptar automáticamente la estrategia de solución durante el proceso de resolución, con el objetivo de mejorar el rendimiento. La idea es emplear diversas estrategias intercalándolas a lo largo del proceso, en lugar de utilizar una única estrategia de forma estática. De esta manera, cuando se detecta que una estrategia exhibe un mal rendimiento, se sustituye de forma autónoma por otras más prometedoras. Tal proceso de sustitución se controla mediante una función de selección, que decide en base a un conjunto de indicadores de desempeño, cuáles son las estrategias que deben ser actualizadas. Sin embargo, la función de selección puede ser construida de varias maneras, variando la información utilizada para tomar decisiones. Tales variaciones pueden conducir ciertamente a diferentes procesos de resolución.

En este trabajo, analizamos el impacto de utilizar 16 diferentes funciones de selección en el proceso de resolución. Estas funciones de selección son las responsables de seleccionar las mejores estrategias para cada parte del árbol de búsqueda. Incorporamos estas funciones de selección al framework de búsqueda autónoma reportado en [10], el cual es capaz de operar con 24 diferentes estrategias de resolución. Resolvimos un conjunto de instancias conocidas con características comunes que están presentes en la mayoría de los problemas de satisfacción de restricciones y optimización. Particularmente, utilizamos el problema N-Queens, el Sudoku Puzzle, el Magic y Latin Square, el Knight's Tour, Langford y el Quasigroup. Los resultados obtenidos son prometedores y permitieron determinar cuál es la mejor función de selección para resolver todas las instancias propuestas.

El resto del trabajo se distribuye de la siguiente manera: En la sección II se describen nociones básicas de la resolución de problemas con restricciones. En la sección III se describe el framework de búsqueda autónoma empleado. Finalmente, los resultados experimentales y las conclusiones son presentados en las secciones IV y V, respectivamente.

II. PROGRAMACIÓN CON RESTRICCIONES

Como se mencionó anteriormente, en el contexto de la programación con restricciones, los problemas son formulados como un problema de satisfacción de restricciones. Formalmente, se denota como: $P = \langle X, D, C \rangle$, donde X es una n -tupla de variables: $X = \langle x_1, x_2, \dots, x_n \rangle$, D corresponde a una n -tupla de los dominios de las variables: $D = \langle d_1, d_2, \dots, d_n \rangle$, para cada $x_i \in d_i$, y d_i es un conjunto de valores para $i = 1, \dots, n$. Finalmente, C es una m -tupla de restricciones $C = \langle c_1, c_2, \dots, c_m \rangle$ y una restricción c_j , está definida por el producto cartesiano de los dominios $d_{j1} \times \dots \times d_{jm}$, para $j = 1, \dots, m$. Una solución para el CSP es una asignación $\{x_i \rightarrow a_i, \dots, x_n \rightarrow a_n\}$, para cada $a_i \in d_i$, con $i = 1, \dots, n$ y $(a_{j1}, \dots, a_{jn}) \in c_j$, con $j = 1, \dots, m$.

El algoritmo 1 describe el procedimiento general de resolución de un problema de satisfacción de restricciones.

Algoritmo 1: Procedimiento general para resolver un problema de satisfacción de restricciones.

Entrada: Problemas de satisfacción de restricciones.

Salida: Resolución del problema.

1. *cargarProblemas()*;
2. **Mientras** *existanVariablesPorCorregir()* **Hacer**
3. *heurísticaSelecciónVariable()*;
4. *heurísticaSelecciónValor()*;
5. *propagación()*;
6. **Si** *dominioVacíoPróximaVariable()* **Entonces**
7. *shallowBacktrack()*;
8. **Fin Si**
9. **Si** *dominioVacíoVariableActual()* **Entonces**
10. *backtrack()*;
11. **Fin Si**
12. **Fin Mientras**

III. FRAMEWORK DE BUSQUEDA AUTONOMA

Tal como se mencionó anteriormente, la búsqueda autónoma tiene por objetivo proveer al solver la capacidad de auto-ajuste. En este contexto, la idea es controlar de manera autónoma la secuencia en el cual se aplica una estrategia, en cada parte del árbol de búsqueda, durante el proceso de resolución. El intercambio de estas estrategias se lleva a cabo mediante un ranking de calidad que se prepara por una función de selección. Esta función se compone de indicadores de desempeño del proceso de búsqueda (ver Tabla I) y de los pesos que controlan su relevancia dentro de la ecuación. En general una función de selección se define de la siguiente manera: $CF_i(S_j) = w_1 a_{1i}(S_j) + \dots + w_{1N} a_{1N}(S_j)$, donde $1N$ corresponde al conjunto de indicadores, w_i es el peso que controla la relevancia del i -ésimo indicador dentro de la función de selección y $a_{ii}(S_j)$ es el resultado del i -ésimo indicador, de la estrategia S_j , en el tiempo t .

Bajo este escenario, el componente principal de una función de selección son los pesos w que requieren ser ajustado por algún optimizador. Este ajuste se realiza en una fase de muestreo, donde el problema es resuelto en un punto determinado. En cada iteración, el solver intenta determinar el peso con mayor éxito a partir de los indicadores de desempeño como dato de entrada.

Es importante destacar que el proceso de ajuste es muy importante, ya que la correcta configuración de una función de selección, tiene un alto impacto en la capacidad del algoritmo de solución para resolver eficazmente los problemas específicos. El ajuste de parámetros (pesos) es una tarea compleja, pues depende del problema y su correcta configuración es variable a lo largo de la búsqueda [8]. Mayor información sobre ese framework puede ser visto en [2, 9].

A. Optimizador Bat

En la sección anterior se mencionó que para determinar el peso adecuado para el conjunto de indicadores de desempeño, la función de selección debe ser finamente ajustada por un optimizador. Para tal fin, proponemos el uso del algoritmo Bat (BA, del inglés Bat Algorithm). Este algoritmo es una metaheurística reciente, inspirada en la característica de ecolocalización que poseen ciertos murciélagos [11].

TABLA I. INDICADORES UTILIZADOS DURANTE EL PROCESO DE BÚSQUEDA

Nombre	Descripción
VFP	Variabes fijadas por propagación.
VFE	Variabes fijadas por enumeración.
Step	Número de pasos o decisiones (n aumenta cada vez que una variable es fijada por enumeración).
$T_n(S_j)$	Número de pasos desde la última vez que una estrategia S_j fue utilizada hasta el paso n -ésimo.
SB	Número de shallow backtracks [3].
B	Número de backtracks.
d_{max}	Máxima profundidad en el espacio de búsqueda.
DV	Variación de la profundidad. Se calcula como sigue: $ProfundidadActual - ProfundidadPrevia$. Si el resultado es un valor positivo significa que el nodo actual está en una mayor profundidad que el explorado anteriormente.
MDV	Variación de la máxima profundidad. Se calcula como sigue: $ProfundidadActual_{max} - ProfundidadPrevia_{max}$
SSR	Reducción del espacio de búsqueda. Se calcula como sigue: $\frac{EspacioBúsqueda_{previo} - EspacioBúsqueda_{actual}}{EspacioBúsqueda_{previo}}$
TR	El proceso de resolución alterna las enumeraciones y los backtracks en algunas variables, sin tener éxito. Se calcula como sigue: $d_{t-1} - VFP_{t-1}$

Los murciélagos y en particular los micro-murciélagos son capaces de identificar objetos a su alrededor, a través de la emisión de pulsos sonoros y la recepción de los correspondientes ecos producidos. Esta avanzada capacidad permite a los murciélagos distinguir obstáculos de las presas y ser capaz de cazar en la oscuridad.

El algoritmo bat ha sido diseñado siguiendo tres reglas:

- Se asume que todos los murciélagos utilizan la ecolocalización para determinar la distancia y todos ellos son capaces de distinguir los alimentos, presas y obstáculos en el camino.
- Un murciélago b_i busca una presa con una posición x_i y una velocidad v_i . Los pulsos de sonido emitidos tienen las siguientes características: una frecuencia mínima f_{min} , una intensidad de volumen A_0 y un radio de emisión de pulso $r \in [0,1]$. Todas estas características pueden ser ajustadas dependiendo de la proximidad del objetivo.
- Aunque la intensidad de volumen puede variar de muchas formas, se asume que varía de un valor grande positivo A_0 , a un valor mínimo constante A_{min} .

El algoritmo 2 describe el funcionamiento del enfoque propuesto. Al comienzo, una población de n murciélagos es inicializado con posición x_i y velocidad v_i . Luego, la frecuencia f_i en la posición x_i es fijada según las frecuencias mínima y máxima obtenidas como datos de entrada. A continuación, el ciclo mientras envuelve el conjunto de acciones a realizar hasta que se alcance el criterio de término. La primera acción que debe realizarse en el ciclo es el movimiento de los murciélagos de acuerdo con las ecuaciones (1), (2) y (3).

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta \quad (1)$$

$$v_i^j(t+1) = v_i^j(t) + [\hat{x}^j - x_i^j(t)]f_i \quad (2)$$

$$x_i^j(t+1) = x_i^j(t) + v_i^j(t+1) \quad (3)$$

Algoritmo 2: Algoritmo Bat

Entrada: Número de murciélagos, frecuencia inicial, frecuencia final y número de iteraciones.

Salida: Mejor solución.

1. Función objetivo $f(x)$, $x = (x_1, \dots, x_d)$.
2. Inicializar la población de murciélagos x_i y velocidad v_i .
3. Calcular la frecuencia f_i para x_i , $i=1, \dots, m$.
4. Inicializar el radio de emisión de pulso r_i y la intensidad de volumen A_i , $i=1, \dots, m$.
5. **Mientras** $t < T$ **Hacer**
6. **Para todo** b_i
7. Generar una nueva solución a partir de las ecuaciones (1), (2) y (3).
8. **Si** $rand < r_i$ **Entonces**
9. Seleccionar una solución entre las mejores soluciones.
10. Generar una solución local cercana a la mejor solución.
11. **Fin Si**
12. **Si** $rand < A_i$ & $f(x) < f(\hat{x})$ **Entonces**
13. Aceptar la nueva solución.
14. Incrementar r_i y reducir A_i
15. **Fin Si**
16. **Fin Mientras**

La ecuación (1) es utilizada para controlar el movimiento de los murciélagos, donde β es un valor aleatorio generado de una distribución uniforme en el intervalo $[0,1]$. La ecuación (2) define la velocidad de la variable de decisión j perteneciente al i -ésimo murciélago en el tiempo $t+1$, donde \hat{x}^j representa la mejor solución actual encontrada de los n murciélagos para la variable de decisión j . Finalmente, la ecuación (3) define la nueva posición de la variable de decisión j perteneciente al murciélago i en el tiempo $t+1$. En detalle, la línea 8 describe la condición que gestiona la variabilidad de las potenciales soluciones. Primero, una solución es seleccionada entre las mejores actuales y una nueva solución es generada vía el paseo aleatorio (*random walk*), como se propone en [12]. A continuación, en la línea 12, una segunda condición es la responsable de aceptar la nueva mejor solución y actualizar los valores para r_i y A_i , de acuerdo a las ecuaciones (4) y (5), respectivamente.

$$A_i(t+1) = \alpha A_i(t) \quad (4)$$

$$r_i(t+1) = r_i(0)[1 - \exp(-\gamma t)] \quad (5)$$

En estas ecuaciones α y δ son constantes ad-hoc. Para α , el valor se encuentra en $0 < \alpha < 1$ y $\gamma > 0$. Finalmente, los murciélagos son rankeados a fin de encontrar la mejor solución.

Para los experimentos, empleamos la siguiente configuración del algoritmo bat, sugerida en [13]: $f_{min} = 0.75$ y $f_{max} = 1.25$. Al inicio, $A_i(0)$ y $r_i(0)$ son seleccionado

aleatoriamente, con $A_i(0) \in [1,2]$ y $r_i(0) \in [0,1]$. Finalmente, $\alpha = \gamma = 0.9$.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Hemos realizado una evaluación experimental de las diferentes funciones de selección sobre diversas instancias de problemas de satisfacción de restricciones conocidos, tales como: N-Queens con $n = \{10,12,15,20,50,75\}$, los problemas $\{1,2,5,7,9\}$ del Sudoku puzzle, Knight's Tour con $n = \{5,6\}$, Magic Square con $n = \{3,4,5\}$, Latin Square con $n = \{4,5,6\}$, Quasigroup con $n = \{5,6,7\}$ y Langford con $m = 2$ y $n = \{12,16,20,23\}$.

El componente de enumeración auto-adaptativo ha sido implementado bajo el *Eclipse Constraint Logic Programming Solver v6.10* y el optimizador bat ha sido implementado en el lenguaje de programación JAVATM. Las pruebas se han ejecutado en un equipo con 3.30 GHz Intel Core i3-2120 con 4Gb de memoria RAM sobre Microsoft Windows 7 Professional de 32 bits. Las instancias son resueltas a un máximo de 65535 *steps* (nodos visitados), equivalente al trabajo reportado en [5]. Si no se ha encontrado una solución pasado el límite máximo de *steps*, se considera que no existe solución (no es un resultado eficiente).

La Tabla II muestra las funciones de selección utilizadas en la evaluación. Estas funciones fueron las que obtuvieron el mejor desempeño en una fase previa de entrenamiento del algoritmo.

Finalmente, analizamos el impacto que tienen las funciones de selección sobre 24 estrategias de resolución: 8 heurística de selección de variable y 3 heurística de selección de valor (ver Tablas III, IV y V). Los resultados son evaluados en términos de la cantidad de backtracks requeridos para encontrar una solución. Este indicador es uno de los más usados, a la hora de evaluar el desempeño en la programación con restricciones.

Para la comparación entre las funciones de selección, empleamos la métrica la desviación relativa porcentual (RPD, del inglés Relative Percentage Deviation). El valor obtenido por el RPD se calcula como la desviación del valor acumulado de los backtracks, generados por las funciones de selección $\sum_j^n CF_j$, en relación al valor mínimo de éstas. En este contexto, n representa la cantidad de instancias a resolver. El cálculo del valor RPD es el siguiente:

$$RPD = \frac{\sum_j^n CF_j - \min(\sum_j^n CF_j)}{\min(\sum_j^n CF_j)} \times 100, \forall j = \{1, \dots, 16\} \quad (6)$$

Las Tablas VI, VII y VIII ilustran el desempeño en términos de los backtracks requeridos para encontrar una solución, para cada función de selección y el optimizador propuesto.

Los resultados demuestran el impacto de utilizar una función de selección para seleccionar correctamente una estrategia de resolución para cada parte del árbol de búsqueda. Tomando en cuenta el número total de backtracks requeridos para resolver los problemas de satisfacción de restricciones (Tabla IX), las mejores funciones de selección son la CF_8 y CF_{12} , donde ambas técnicas necesitan un mínimo de 876 backtracks (RPD = 0).

TABLA II. FUNCIONES DE SELECCIÓN

Funciones de selección	
CF_1	$w_1B + w_2Step + w_3T_i(S)$
CF_2	$w_1SB + w_2MDV + w_3DV$
CF_3	$w_1B + w_2Step + w_3MDV + w_4DV$
CF_4	$w_1VF + w_2d_{max} + w_3DB$
CF_5	$w_1VFP + w_2SSR - w_3B$
CF_6	$w_1VFP + w_2SSR - w_3SB$
CF_7	$w_1VFP + w_2SSR - w_3SB - w_4B$
CF_8	$w_1VFE + w_2SSR - w_3B$
CF_9	$w_1VFE + w_2SSR - w_3SB$
CF_{10}	$w_1VFE + w_2SSR - w_3SB - w_4B$
CF_{11}	$w_1VFP + w_2VFE - w_3SSR - w_4B$
CF_{12}	$w_1VFP + w_2VFE - w_3SSR - w_4SB$
CF_{13}	$w_1VFP + w_2VFE - w_3SSR - w_4SB$
CF_{14}	$w_1VFP + w_2SSR - w_3TR$
CF_{15}	$w_1VFE + w_2SSR - w_3TR$
CF_{16}	$w_1VFP + w_2VFE - w_3SSR - w_4TR$

TABLA III. HEURÍSTICAS DE SELECCIÓN DE VARIABLE Y VALOR

Heurística de selección de variable	Descripción de la heurística
<i>Input Order</i>	Selecciona la primera variable de la lista.
<i>First Fail</i>	Selecciona la variable con el dominio más pequeño.
<i>Anti First Fail</i>	Selecciona la variable con el dominio más grande.
<i>Occurrence</i>	Selecciona la variable con el mayor número de restricciones.
<i>Smallest</i>	Selecciona la variable con el valor más pequeño del dominio.
<i>Largest</i>	Selecciona la variable con el valor más grande del dominio.
<i>Most Constrained</i>	Selecciona la variable con el dominio más pequeño, filtrado por las restricciones.
<i>Max Regret</i>	Selecciona la variable con la mayor diferencia entre el valor mínimo y el segundo más pequeño en el dominio.

TABLA IV. HEURÍSTICAS DE SELECCIÓN DE VARIABLE Y VALOR

Heurística de selección de valor	Descripción de la heurística
<i>Min</i>	Los valores se trataron en orden creciente.
<i>Mid</i>	Los valores se trataron desde la mitad del dominio.
<i>Max</i>	Los valores se trataron en orden decreciente.

TABLA V. PORTAFOLIO DE LAS ESTRATEGIAS DE ENUMERACIÓN

Estrategias de resolución utilizadas S_j					
S_1	Input Order + Min	S_9	Input Order + Mid	S_{17}	Input Order + Max
S_2	First Fail+Min	S_{10}	First Fail+Mid	S_{18}	First Fail+Max
S_3	Anti First Fail + Min	S_{11}	Anti FirstFail+Mid	S_{19}	Anti First Fail + Max
S_4	Occurrence + Min	S_{12}	Occurrence + Mid	S_{20}	Occurrence + Max
S_5	Smallest + Min	S_{13}	Smallest + Mid	S_{21}	Smallest + Max
S_6	Largest + Min	S_{14}	Largest + Mid	S_{22}	Largest + Max
S_7	Most Constrained + Min	S_{15}	Most Constrained + Mid	S_{23}	Most Constrained + Max
S_8	Max Regret + Min	S_{16}	Max Regret + Mid	S_{24}	Max Regret + Max

TABLA VI. BACKTRACKS REQUERIDOS PARA LOS PROBLEMAS N-QUEENS AND SUDOKU PUZZLES

CF_j	Problema						$\sum NQ$	RPD %	Problema					RPD %	
	NQ								SK						
	10	12	15	20	50	75			1	2	5	7	9		
CF_1	1	7	1	8	3	818	838	48.294	0	1	1	90	0	92	0.095
CF_2	4	0	1	11	11	8	35	1.059	0	2	32	50	0	84	0
CF_3	2	4	1	11	1	0	19	0.118	0	2	308	78	0	388	3.619
CF_4	4	1	1	11	146	0	163	8.588	0	2	85	114	0	201	1.393
CF_5	2	1	1	12	3	0	19	0.118	0	2	58	46	0	106	0.262
CF_6	1	2	0	37	0	4	44	1.588	0	2	51	47	0	100	0.19
CF_7	4	2	1	14	2	0	23	0.353	0	2	36	156	0	194	1.31
CF_8	2	3	2	16	1	0	24	0.412	0	0	8	121	0	129	0.536
CF_9	4	0	1	11	2	7	25	0.471	0	3	372	118	0	493	4.87
CF_{10}	4	3	1	14	1	4	27	0.588	0	8	69	46	0	123	0.464
CF_{11}	1	2	1	8	0	128	140	7.235	0	2	38	52	0	92	0.095
CF_{12}	3	3	1	15	1	2	25	0.471	0	0	261	65	0	326	2.881
CF_{13}	3	3	2	11	1	1	21	0.235	0	8	221	71	0	300	2.571
CF_{14}	2	2	1	12	0	0	17	0	0	3	212	45	0	260	2.096
CF_{15}	4	2	1	9	1	1	18	0.059	0	2	411	77	0	490	4.833
CF_{16}	1	0	1	2	4	18	26	0.529	0	2	475	58	0	535	5.369

TABLA VII. BACKTRACKS REQUERIDOS PARA LOS PROBLEMAS KNIGHT'S TOUR, MAGIC Y LATIN SQUARE.

CF_j	Problema		$\sum KT$	RPD %	Problema			$\sum MS$	RPD %	Problema			$\sum LS$	RPD %
	KT				MS					LS				
	5	6			3	4	5			4	5	6		
CF_1	767	13456	14223	0.196	0	0	26	26	0.857	0	0	0	0	0
CF_2	767	14998	15765	0.326	0	2	185	187	12.357	0	0	0	0	0
CF_3	767	14998	15765	0.326	0	0	102	102	6.286	0	0	0	0	0
CF_4	767	14998	15765	0.326	0	1	185	186	12.286	0	0	0	0	0
CF_5	454	11557	12011	0.01	0	0	153	153	9.929	0	0	0	0	0
CF_6	454	19504	19958	0.678	0	1	53	54	2.857	0	0	0	0	0
CF_7	454	13501	13955	0.173	0	1	15	16	0.142	0	0	0	0	0
CF_8	454	11557	12011	0.01	0	3	81	84	5	0	0	0	0	0
CF_9	454	11557	12011	0.01	0	1	139	140	9	0	0	0	0	0
CF_{10}	741	11557	12298	0.034	0	0	96	96	5.857	0	0	0	0	0
CF_{11}	454	11557	12011	0.01	0	0	146	146	9.429	0	0	0	0	0
CF_{12}	336	11557	11893	0	0	2	12	14	0	0	0	0	0	0
CF_{13}	454	11557	12011	0.01	0	0	91	91	5.5	0	0	0	0	0
CF_{14}	336	11557	11893	0	0	0	154	154	10	0	0	0	0	0
CF_{15}	454	11557	12011	0.01	0	3	18	21	0.5	0	0	0	0	0
CF_{16}	336	11557	11893	0	0	3	148	151	9.786	0	0	0	0	0

TABLA VIII. BACKTRACKS REQUERIDOS PARA LOS PROBLEMAS QUASIGROUP Y LANGFORD

CF _j	Problems					∑ QG	RPD %	Problems				∑ LF	RPD %
	QG							LF _{m=2}					
	1	3	5	6	7			12	16	20	23		
CF ₁	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
CF ₂	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	1
CF ₃	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
CF ₄	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	2	1
CF ₅	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
CF ₆	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
CF ₇	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1
CF ₈	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
CF ₉	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
CF ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
CF ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3	2
CF ₁₂	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
CF ₁₃	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
CF ₁₄	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1
CF ₁₅	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
CF ₁₆	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0

TABLA IX. RESUMEN DE LOS BACKTRACKS REQUERIDOS

∑ backtracks	CF ₁	CF ₂	CF ₃	CF ₄	CF ₅	CF ₆	CF ₇	CF ₈	CF ₉	CF ₁₀	CF ₁₁	CF ₁₂	CF ₁₃	CF ₁₄	CF ₁₅	CF ₁₆
		1085	1149	1163	1167	879	1440	1014	876	906	897	886	876	888	881	896	901

V. CONCLUSIONES

La búsqueda autónoma es un enfoque relativamente nuevo, capaz de proveer al solver la capacidad de auto-ajuste de componentes, con el fin de mejorar el proceso de búsqueda, basado en ciertos indicadores de desempeño. En este trabajo, nos centramos en el impacto de utilizar funciones de selección para seleccionar correctamente la estrategia de resolución y como consecuencia, mejorar el desempeño del solver durante el proceso de búsqueda. Para esto, presentamos un portfolio de 16 diferentes funciones de selección ajustado finamente por el algoritmo bat. Los resultados experimentales han demostrado que en términos de backtracks (menor cantidad de fallos), las funciones de selección CF₈ y CF₁₂ son mejores que las otras planteadas, pues el valor RPD calculado en ambos casos es 0, siendo éste el valor mínimo obtenido. Como trabajo futuro, planteamos evaluar nuevas nuevas funciones de selección, incorporando otros indicadores de desempeño. En cuanto al framework de búsqueda autónoma, por un lado es factible testar el ajuste de los pesos de las indicadoras con alguna nueva metaheurística, como el algoritmo del agujero negro, migración de aves, ecolocalción de delfines, entre otros y por otra parte, incorporar nuevas estrategias de resolución al portfolio presentado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] B. Crawford, R. Soto, C. Castro, and E. Monfroy. A Hyperheuristic Approach for Dynamic Enumeration Strategy Selection in Constraint Satisfaction. In *Proceedings of the 4th IWANAC*, volume 6687 of *LNC3*, pages 295–304. Springer, 2011.

[2] B. Crawford, R. Soto, M. Montecinos, C. Castro, and E. Monfroy. A Framework for Autonomous Search in the Eclipse Solver. In *Proceedings of the 24th IEA/AIE*, volume 6703 of *LNC3*, pages 79–84. Springer, 2011.

[3] R. Barták and H. Rudová. Limited assignments: A new cutoff strategy for incomplete depth-first search. In *Proceedings of the 20th ACM Symposium on Applied Computing (SAC)*, pages 388–392, 2005.

[4] E.K.Burke,G.Kendall,E.HartJ.Newall,P.Ross,andS.Schulenburg. *Handbook of Meta-heuristics*, chapter Hyper-heuristics: An Emerging Direction in Modern Search Technology, pages 457–474. Kluwer, 2003.

[5] B. Crawford, C. Castro, E. Monfroy, R. Soto, W. Palma, and F. Paredes. Dynamic Selection of Enumeration Strategies for Solving Constraint Satisfaction Problems. *Rom. J. Inf. Sci. Tech.*, To appear, 2012.

[6] B. Crawford, R. Soto, C. Castro, E. Monfroy, and F. Paredes. An Extensible Autonomous Search Framework for Constraint Programming. *Int. J. Phys. Sci.*, 6(14):3369–3376, 2011.

[7] Y. Hamadi, E. Monfroy, and F. Saubion. *Hybrid Optimization: The Ten Years of CPAIOR*, chapter What Is Autonomous Search? Springer, 2011.

[8] J. Maturana and F. Saubion. A compass to guide genetic algorithms. In *Parallel Problem Solving from Nature, 10th Int. Conference.*, pages 256–265. Springer Berlin Heidelberg, 2008.

[9] R. Soto and B. Crawford and E. Monfroy and V. Bustos. Using Autonomous Search for Generating Good Enumeration Strategy Blends in Constraint Programming. In *Proceedings of the 12th ICCSA*, volume 7335 of *LNC3*, pages 607–617. Springer, 2012.

[10] R. Soto, B. Crawford, S. Misra, W. Palma, E. Monfroy, C. Castro, and F. Paredes. Choice functions for autonomous search in constraint programming: Ga vs pso. *Technical Gazette*, 20(4):621–629, 2013.

[11] X.-S. Yang. A new metaheuristic bat-inspired algorithm. In *Proceedings on NCSO*, volume 284 of *Studies in Computational Intelligence*, pages 65–74. Springer, 2010.

[12] X.-S. Yang. Bat algorithm for multi-objective optimisation. *IJBIC*, 3(5):267–274, 2011.

[13] X.-S. Yang and X. He. Bat algorithm: literature review and applications. *IJBIC*, 5(3):141–149, 2013.

Teaching and Learning Modeling and Specification based on Mobile Devices and Cloud

Fernando Moreira

UPT, Portucalense Institute for Legal Research, DEGI,
Porto, Portugal
IEETA, UA, Aveiro, Portugal
fmoreira@upt.pt

Maria João Ferreira

UPT, DEGI, Porto, Portugal
ISTTOS, Algoritmi, UM, Braga, Portugal
mjoao@upt.pt

Abstract — In this paper, and in the context of a course of 1st cycle in Informatics, and following the guidelines of the Information Systems courses provided by ACM/AIS, we propose the use of Google tools and Lucidchart modeling tool, aligned with Bloom's taxonomy in our model BML Context Oriented (BML-CO) in a Requirements Engineering course based on Unified Modelling Language (UML) to modeling and specify requirements to a software system. Teaching Requirements Engineering and, in particular modeling and specification requirements, at the higher education institutions is an “arduous” task according to the literature that the proposed approach wants contribute for filling this gap.

Keywords – Requirements Engineering; Modeling, UML Teaching/Learning Process, m_Learning, Mobile Device, Cloud, Collaborative work

I. INTRODUCTION

Mobile devices have been gradually introduced in educational contexts in recent decades due to factors such as the new social needs in educational technologies, the development of market economy, improvement of forms and methods of learning [1]. Mobile technology has led most people to carry their own individual devices (laptops, tablets, smartphones, etc.) that already have a high computing power, storage, etc. This large amount of computing power and portability, combined with wireless tools and context sensitivity, makes these devices a great potential learning tool, both in the traditional classrooms, or in informal learning outdoors, taking the development of mobile learning (m-learning).

Educationally advanced countries have developed strong policies and strategies to address the educational needs of the XXI century. These countries are the pioneers in how to take advantage of mobile devices in the teaching-learning process (TLP). Some European countries have developed some m-learning projects, for example, in the UK, the MoLeNET¹, has a sterling £ 12 million budget and 40,000 students. In Australia the feasibility and m-learning sustainability is a topic of intense debate, because 65% of people have their own smartphone, 37% its own tablet, and about 1/3 of the population have both devices [2].

Moreover, in terms of promoting innovation in education through various technologies (Web 2.0, cloud, etc.) have been adapted for teaching and learning [3], not only in supporting the traditional teaching, but also through the collection and sharing of information, also can promote innovative methods of teaching through cooperative learning, exploratory learning outside the classroom, and games-based learning [4].

When the learning environment is stimulating, students become curious and facilitate immersion in the teaching-learning process (TLP) [5]. Simultaneously, students are able to use their mobile devices (BYOD) anywhere, anytime, in order to continuously learn and stay active. In this context, according to Toktarova V., et al. [6] there are new requirements for the design and development of educational mobile applications, or the use of existing applications, to making your application on effective TLP: (i) integration with multiple systems and e-learning services; (ii) Adequate supply of content for effective learning; (iii) Distribution of learning materials in various shapes and sizes; (iv) ergonomics, simplicity and the possibility of working with educational web applications; (v) stability, reliability and productivity, provide efficient utilization and high availability of the application for a large number of students at the same time. These factors lead to an increased number and complexity of tasks.

RE is a stage in the software life cycle and the success of the final product – software system – critically depends on the designer's understanding the problem to be solved. This understanding is compiled into a formal document – Software Requirements Specification (SRS), which should unambiguously, completely and consistently describe requirements [7].

RE process is an ongoing and interplaying/iterative. Nevertheless, there are several approaches that diverge on the definition of which activities need to be satisfied in the RE process. [12] claimed that in context of a RE course the process is composed by five activities – Elicitation; Analysis, Negotiation and Prioritization, Modeling and Specification; Documentation and Validation. In this paper it is explored the Modeling and Specification (MS) requirements integrated into TLP (TLP-MS) activity with UML of the BML *Context Oriented* (BML-CO) model [8] with use of Lucidchart tool in a collaborative approach.

¹ <http://www.molenet.org.uk/>

The rest of the paper is organized as follows. In the next section, a background of the addressed subjects is presented. The state of the art is described in the section III. In section IV it is presented the proposal, while in section V it is presented the practical application. Finally, in the last section, conclusions are discussed.

II. BACKGROUND

A. m_learning

m-learning can be defined as a form of learning that makes use of mobile technology and gives students the ability to learn anywhere and at any time. That definition is a result of the following m-learning definitions: (i) “Any sort of learning that happens when the learner is not at a fixed, predetermined location or learning that happens when the learner takes advantage of the learning opportunities offered by mobile technologies.” [9]; (ii) “The use of wireless and mobile networks to facilitate, support, enrich learning and provide greater educational coverage” [10]; (iii) “E-learning through the use of mobile devices (smart-phones, tablets, handhelds, etc.), that provides mobility to students” [11]; (iv) “Educational activities through the use of compact and portable devices that allow students to master learning materials more effectively consume and create information” [12].

According to [13] the main benefits of m-learning are the perspectives of ubiquitous and pervasive learning. Continuous learning opportunities and lifelong, without restrictions of time and space. The implementation of m-learning offers students the opportunity to enjoy absolute flexibility, collaboration, freedom and just-in-time learning [14]. Another clear advantage of mobile learning is to support the communication and increase student-student and student-teacher interactions [15]. A real-time monitoring is carried out of students' progress. This monitoring will make it possible for students to adjust their performance with the teacher's help [16].

Cost issues related to m-learning are minimal, since the implementation of m-learning systems is encouraged in open source platforms, technologies and operating systems such as Android, iOS and others. Students can explore this opportunity to learn and develop free applications [17]. Technological innovations are not immune to the challenges, and the m-learning also has its limitations with regard to technical, security, social and learning challenges [18].

B. Modeling Systems

The modeling systems aims to provide a specification that will guide developers in other stages of software development, namely design, implementation and testing of the system as referred in previous section. In this context there are several approaches for modeling and specify requirements as summarized in Table 1.

TABLE I. SPECIFICATION TECHNIQUES (FONTE:[19])

Technique	Description
i* or KAOS	Specifying agents, goals, and formal properties with formal languages to enable reasoning about goals and goal-achievement.
Natural Language	Specifying requirement with words and sentences to achieve specification flexibility and understandability. Language templates may be used to improve precision

SA Diagrams	Specifying functions, processes, structure, and behavior with one of the graphical notations proposed by structured analysis to achieve precision and make structure visible.
Tables	Specifying concepts to achieve an understanding of the terminology and or rules for how conditions affect system behavior
UML Diagrams	Specifying functions, scenarios, processes, rules, relations, behavior, and deployment with graphical notations from the Unified Modelling Language to increase precision and show structure.
User Screens	Specifying the user interface with paper or tool-based mock-ups to increase the tangibility and authenticity of the planned system.

In the present proposed approach to the teaching learning modeling and specifications it was adopted the Unified Modeling Language – UML [20] since it is methodology-independent and it is accepted (adopted) by the academy (researcher and teachers) and industry that work in this field as a tool for modeling systems based on Object Oriented [21], [22].

III. RELATED WORK

As referred in section I RE is the process by which the requirements for software products are gathered, analyzed, documented, and managed throughout the SE lifecycle. RE is concerned with interpreting and understanding stakeholders' goals, needs and beliefs. As RE is one of the main contributors to the success of software projects.

Modeling and specification of requirements is an RE activity that represents a conceptual formalization of the system view which occurs when it originates a model [23]. This activity allows breaking the problem-solving process down into separate views (according to the diagram – use case, class diagram, etc.). Their teaching is not a simple task since it requires a great capacity of abstraction by the students [24], [25].

In the literature there some proposed approaches for teaching RE [8] and in particular modeling and specification requirements using UML. Sien [25] proposes that a teacher should (1) expose students to a variety of case studies describing different problem domains; (2) provide opportunities for students to work in teams to produce UML models; (3) adopt concept maps as a graphical representation of fundamental concepts and their relationships within a problem domain. Rivera-Lopez et al. [26] propose an approach that uses a subgroup of UML diagrams – class diagram and sequence diagram, or class diagram and state chart diagram. The approach aims that the students learn to analyze problems and to design solutions to these problems using the object oriented approach. Engels, et al. [27] propose an approach that use UML as a vehicle for teaching such core concepts of software engineering with the support of Multimedia elements and tools. In [28] the authors propose an approach using SysML/UML. In this approach essentially the authors emphasize the teamwork involving small modeling tasks targeted at specific type of diagram. Also they propose discussions and teacher feedback which are the keys to improve study results of systems modelling.

Yamazaki and Jiromaru [29] proposed instructional design to teach UML. The instructional design of teaching materials for the students literacy, and assess their effectiveness. Their strategy includes three levels of instruction, each with

numerous step-by-step exercises. The students learn 10 basic patterns of UML notation at level 1, composition of the notation at level 2, and creating UML system diagrams at level 3. Kuzniarz and Staron [30] propose a set of best practices for teaching UML Based Software Development. The practices are basically of two basic types – pedagogy wise and subject wise. The first practice is the consistency between all artefacts in the entire process and, the second concerns realization of the students’ projects. An active learning framework for instructors to describe modeling guidelines of the OO analysis and design method and for students to learn the method based on the instructors’ guidelines is proposed by Kim et al.

From the presented approaches we can conclude that teaching modelling and specification requirements is a difficult task to teachers and students and there not exist an ideal/standardized approach that solve this problem.

IV. PROPOSAL: TLP-MS: SELECT TOOLS AND DEVICES

In general thesis, we can state that it is important that teachers consider the learning styles of students when designing and developing modeling systems teaching materials. Although it may not be essential for teachers to test and instruct students in all situations, testing them with the VARK instrument – simple and fast – can provide important information that is beneficial to create an effective learning environment. Being aware of different learning styles and considering its impact on learning environments are the two first steps towards an essential understanding of the students’ profiles when developing activities to teach modeling systems.

A. Research methodology

The obtained results are based on a research technique that makes use of pre and post-tests that measure the knowledge acquired by students in a learning activity. Such tests consist on the application of a set of questions that must be answered by students before and after a particular activity. In particular, the pre-test allows assessing the participants’ level of knowledge on an issue that will be approached before training. The post-test consists in applying a set of questions with the same level of difficulty, in order to assess the evolution of the acquired skills [31].

B. Methodology

In order to counter the problem addressed in section III we proposed a methodology [32] that should help HEI students acquiring modeling systems concepts. As discussed previously it is important to define the students profile in order to help designing and developing teaching materials. This assumption was the basis for the development of the methodology that is here proposed (Fig. 1). It consists of five different steps with a defined sequence: (A) Analysis of student profile; (B) Construction didactic material; (C) Select tools and devices; (D) Defining evaluation methodologies and (E) Monitoring and control.

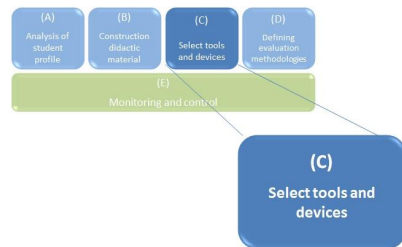


Figure 1. Methodology steps.

Teachers should consider the different learning styles of students while designing the teaching modeling systems and throughout the development modeling systems activities. Despite the fact that it may not be highly essential for teachers to test and instruct students in all situations, testing them with the VARK instrument – simple and fast – can provide important information to create an effective learning environment. It should be once again highlighted that being aware of learning styles and considering its impact on the learning environments are the two first steps towards an essential understanding of the profile of the students when developing modeling systems skills.

In the component (A) the VARK questionnaire is used to analyses the profile of each one of the students who attend modeling systems courses in order to understand what kind of teaching materials need to be built and made available for (B) (for instance, it is assessed if those materials should be more descriptive or visual, etc). Based on the results and constructed materials it is necessary to carry on their distribution to different types of devices, namely, if the model is applied to classroom teaching, distance learning (e-learning), blended learning (b-learning), or to be used only in mobile devices (m-learning) (C). For instance, the use of e-learning or m-learning demands the production of materials appropriate for such type of devices. Some of the most important components in the teaching-learning models are the used evaluation methodologies (D). The whole methodology has a monitoring and control process (E) which allows the adjustment of the materials, devices used and evaluation methodology, as long as students and teachers understand these needs.

C. Select tools and devices

One of the great issues when choosing a tool to teach modeling systems is the large amount and variety of tools, which makes it a great challenge. As there are several tools the following questions must be answered before the selection: Where to start? and How to choose the best modeling systems tools that could be adopted with mobile devices that meets the needs of HEI students?

Due to the large number and variety of modeling systems tools it is necessary to establish a set of characteristics: (i) Platform (Desktop, Web, Mobile); (ii) What are the operating systems that support (Windows, Mac, Linux, Other); (iii) Mobile device type (Tablet, Smartphone); (iv) Cost (Commercial, Free). In Table 1 there is presented one set of 24 tools which demonstrates the stated quantity and diversity of modeling systems tools

TABLE II. SURVEYED TOOLS

Nome	Platform								Cost	
	Desktop			D	Mobile					
	A	B	C		E	F	G	H	I	J
AndyUML					x					
astah* UML	x						x			
Cacoo				x						x
Chrons Web Modeler				x						x
ckwnc			x	x						x
Creately	x	x	x	x						
Cubetto	x	x	x			x	x			x
Draw UML							x			
draw.io	x	x	x	x		x	x			
DrawExpress Diagram							x			x
GenMyModel	x	x	x	x						x
Grapholite		x			x			x	x	
Idatto	x					x			x	
iUML						x				
jsUML2				x						x
Lucidchart	x	x	x	x	x		x			x
MagicDraw Reader							x			
PlantUML	x	x	x	x	x					x
Syngraph.me				x						x
UML Diagram Tool										
UML Process Aid						x				
UML SketchClass							x			x
VisiTouch						x	x			x
yUML				x						x

A – Mac; B – Windows; C – Linux; D – Web; E – Android; F – iPhone; G – iPad; H – Windows Mobile; I – Commercial; J – Free

As a final remark, it was concluded that Lucidchart is the most appropriate tool for modeling systems courses that adopt m-learning.

V. PRATICAL APLICATION

A. Course overview

The RE course was designed following the ACM/AIS guidelines. It runs for 15 weeks (one semester) and consists of two hours of theoretical/practice lectures to discuss theory and 2 hours of practice (lab sessions), where students put in practice the learned theory they have learnt.

The main goal of the course is to induce students for the use of RE in their future work as designer in the development of software systems. Teaching RE is not only to provide students with solid concepts of the subject, but also to expose them to real problems.

As referred in section 1 we consider five activities in ER process – (1) Elicitation; (2) Analysis, Negotiation and Prioritization, (3) Modeling and Specification; (4) Documentation, and (5) Validation. These activities are not independent of each other; information obtained in one of them can serve for the other activities. At any time the designer may need to go back for example to clarify one a requirement or he/she can go on to the next activity. Our proposed approach is about topic (3) modeling and specification.

After having a catalog of requirements typically written in natural language, it is necessary to express these same requirements through models. Models are graphical representations of the requirements – which represent the problem to be solved – that giving different visions of the solution. It is important to emphasize that the modeling is conceptual, since it is intended to define “what” and not “how”.

Modeling focus on application of “rules” in order to produce useful and verifiable, requirements, model. It is important to point out the difference between a model, which could be in UML, and a set of diagrams. A diagram is a partial graphic representation of a system model. The set of diagrams need not completely cover the model and deleting a diagram does not change the model. The model may also contain documentation that drives the model elements and diagrams (such as written use cases) [20].

In the proposed approach it is used UML language and it is intended to produce three diagrams types (1) Use Case, (2) Class and (3) Sequence. Those diagrams give different visions of the system: 1. Use Case diagram(s) give a functional vision – capture business requirements and illustrate the interactions between the system and its environment; 2. Class diagram give a structural vision – illustrate the relationships between classes modeled in the system; 3. Sequence diagrams give a behavioral vision – illustrate the behavior of objects within a use case and in what order.

This proposed approach is based on the approach presented in [8]. Summarily, the theoretical/practice lectures use the expositive method. However, it is still expected to have an active participation of students through direct interpellation between teacher and students and vice versa. In laboratory lectures students must solve case studies that approximate them to the real-world situations. In parallel, students should develop a group project whose goal is to acquire knowledge “Known to do” in a collaborative environment. It is intended that each concept, technique or tool presented/discussed in lectures, is put into practice by resolution of Case Studies and a Project which are solved during lectures and afterwards. In turn, the lectures take place in the context of collaborative work, where the ability to group works will be developed.

B. Proposed approach

Mainly, it is proposed the following steps in the modeling task (1) presentation/discussion of the rules/steps to the construction of each diagram and the rules to use the Lucidchart tool, (2) review the catalog of requirements (3) based on in catalogue of requirements propose to the students that collaboratively to model the different diagrams, according to the following sequence: (i) Use Case (ii) Class; and finally the (iii) Sequence, and (3) Models verification/validation.

Case study

In order to operationalize the proposed approach it was asked previously to students to collaboratively create the catalogue of requirements for the case study below, either in fixed or mobile context, design the Use Case diagram(s), Class diagram and Sequence diagrams. The selected theme of the case study is believed to be easily understood by students who should easily understand its system and the business environment.

System Golf Club – ClubeGolf

“...members renting equipment. A member could be a Full Membership or one of your dependents. When a person makes its registration in the "GolfClub" as a Full Membership, is given the right to nominate up to three dependents, for which is responsible. To the "GolfClub" is critical to identify exactly who rented the equipment, if the Full Membership or one of your dependents.

However, for control purposes, the "GolfClub" wants to get more information about the Full Membership than about his dependents. About a Full Membership it is intended to know his name, email address, home phone number, work address, work phone, mobile phone, tax identification number and birth date. Only persons of greater age could Full Membership. From a dependent, only the name, email, birth date and relationship are needed. Both Full Membership and dependents have a registration number, which is single per Full Membership ..."

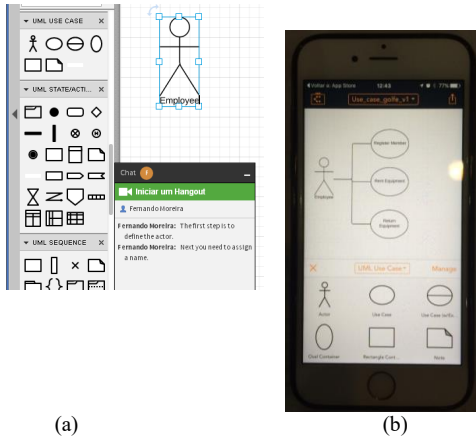


Figure 2. Use Case Diagram modelling by a group of student and followed by the teacher on laptop (a) and iPhone (b).

Modeling requirements

Step 1. Presentation of theoretical concepts.

Presentation/discussion of the rules/steps to the construction of each diagram and the rules to use the Lucidchart tool.

Step 2. Review the catalog of requirements

In this stage it is asked to students to review the catalog of requirements in order to remember the necessities (requirements) of the system for through the use of Google tools and tool Lucidchart interact between the group members and the teacher to, collaboratively, modelling diagrams described above.

Step 3. Modelling the different diagrams

In this step, the students are allocated to working groups with different types of devices (laptops, smartphones and tablets). Guaranteed the basis for the work, the teacher through the Lucidchart chat regardless the students' location – classroom or any other location or additionally students who are out of the classroom and have the need of a contact "face-to-face" uses a Hangout (integration with Google's tools) – initiates the modeling of different diagrams (Fig.2).

To each group is created an independent document/page, shared by the group member and the teacher. In this way the teacher could supervise/monitor the tasks of each group, but each group do not see the work of the others groups.

As referred the modelling process is collaborative, since each element of the group has contributed in the modelling

process. To follow up with feedback, the teacher monitors and suggests solutions/paths to the modelling of each of the diagrams in real time. This communication could be performed in two ways. The first one making itself the corrections in real time with the monitoring of the changes by the students (group), or the second one giving suggestions through messages in chat. These two ways could be used as independent or complementary ways.

In modeling the Sequence diagram (Fig. 3) the process is repeated, i.e. the teacher starts with an explanation task then makes the monitoring by providing feedback during the modeling process.

Students and teachers can also participate in the diagrams modelling through smartphones and tablets, in this case there is a native application for the Apple platforms (Fig. 2 (a) and Fig. 4). However, students who do not have Apple's mobile devices can perform the same tasks on their mobile devices using the browser application.

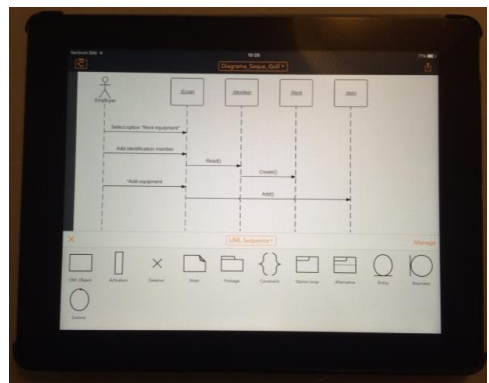


Figure 3. Modelling a sequence diagram using an iPad.

Step 3. Diagrams verification/validation

Diagrams verification/validation task should occur at the end of the "construction" of each diagram. When students ends up modeling the Use Case diagram(s), it is verified/validated if they satisfy the requirements, then when students ends up modeling the Class diagram it is validate/verify if it satisfy the use cases diagram(s) and requirements, finally when students ends up modeling the Sequence diagrams they validate/verify with Use Case diagram(s) and Class diagram in order to eliminate/minimize inconsistencies and satisfy all the requirements. This step, as step 2, could be monitored by the teacher and he/she could provide feedback during the all process.

VI. CONCLUSIONS

RE is an important task in software life cycle. When the RE is not conduct correctly the consequences could be catastrophic namely late delivery systems and above the budgeted; the systems do not do what users expect; low quality and costs of maintenance and evolution are very high. In this way the acquisition of competences by students in a RE course of high education is fundamental in the job market. RE is an arduous task for teachers who transmit the knowledge and to students

who have to understand and save this same knowledge. In order to contribute to improve the TLP it is proposed an approach TLP-MS for the modelling and specification activity using UML.

The proposed model is based on public domain free tools (easy and accessible to use anywhere and anytime), that helps students in their daily life inside and outside of the higher education institutions to solve problems collaboratively. That collaboration is promoting through the use of tools where students and teacher communicate/discuss and increment their work.

Currently, the approach is being operationalized with a class and at end of semester results will be analyzed and presented.

VII. REFERENCES

- [1] A. Y. Awadh and S. Higgins, "Effects of traditional, blended and e-learning on students' achievement in higher education". *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(3), 2013, pp. 220-234. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.2012.00490.x>
- [2] Deepend, "Australian mobile device ownership and home usage report 2014". In *Deepend, In-depth*. Sydney, Australia: Deepend.
- [3] T. Cochran, and J. Oldfield, "iPadagogy 2.0: Exploring the affordances of the iPad for student-generated media production", 28th ascilite Conf., Hobart, Australia, 2011.
- [4] F. Moreira, M. J. Ferreira, C. Pereira and N. Durão, "Collaborative Learning supported by mobile devices: A case study in Portuguese High Education Institutions". *New Contributions in Information Systems and Technologies*, ed. Álvaro Rocha; Ana Maria Correia; Sandor Costanzo and Luis Paulo Reis. Springer International Publishing, 2016, accept for publications.
- [5] F. B. Osang, J. Ngole, and C. Tsuma, "Prospects and challenges of m-learning implementation in Nigeria: Case study National Open University Of Nigeria (Noun)." *International Conference on ICT for Africa*, February 20 -23, 2013
- [6] V. Toktarova, A. Blagova, A. Filatova and N. Kuzmin. "Design and Implementation of Mobile Learning Tools and Resources in the Modern Educational Environment of University". *Review of European Studies*; Vol. 7, No. 8; 318-324, 2015 <http://dx.doi.org/10.5539/res.v7n8p318>
- [7] International Organization for Standardization (2011), ISO/IEC/IEEE 29148:2011 - Systems and software engineering - Life cycle processes — Requirements engineering."
- [8] F. Moreira and M. J. Ferreira, "Teaching and Learning Requirement Engineering based on Mobile Devices and Cloud: A Case Study". In Fonseca, D. and Redondo, E. (Eds.), *Handbook of Research on Applied E-Learning in Engineering and Architecture Education*, 2016, 237-262, IGI Global.
- [9] C. Malley, G. Vavoula, J. Glew, J. Taylor, M. Sharples and P. Lefrere, "WP4—guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment", *MOBILElearn/UoN, UoB, OU*, 2003, Tech. Rep.
- [10] The Mobile Learning Network (MoLeNET). "Mobile learning in practice". 2015, <http://www.molenet.org.uk>
- [11] R. Gost, "Information and communication technologies in education (E-learning resources)". 2011, Moscow: Standard-inform.
- [12] S. Wexler, J. Brown, D. Metcalf, D. Rogers and E. Wagner, "ELearning guild research 360 report: Mobile learning". Santa Rosa, CA: eLearning Guild. 2008
- [13] Y. K. Baek and D. U. Cheong, "Present and future prospects for m-learning in Korea," *Proc. of the 2005 IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05)*, pp. 28-30, DOI=10.1109/WMTE.2005.53.
- [14] N. Y. Asabere, "Benefits and challenges of m-learning implementation: Story of Developing Nations," *International Journal of Computer Applications*, vol. 73 no. 1, pp. 0975–8887, 2013.
- [15] T. H. Brown, "Towards a model for m-learning in Africa" *International Journal on E-Learning*, vol. 4, no. 3, pp. 299-315, 2005.
- [16] S. Mahamad, M. N. Ibrahim, M. I. A. M Foad, and S. M. Taib "Open source implementation of m-learning for Primary school in Malaysia" *International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering*, vol. 2, no. 8, 2008, pp. 135-139.
- [17] S. Mahamad, M. N. Ibrahim, M. I. A. M Foad, and S. M. Taib "Open source implementation of m-learning for Primary school in Malaysia" *International Journal of Social, Management, Economics and Business Engineering*, vol. 2, no. 8, 2008, pp. 135-139
- [18] Straumsheim, C. "Digital Distractions". 2016. <https://www.insidehighered.com/news/2016/01/26/study-use-devices-class-nonclass-purposes-rise>
- [19] Fricker, S. A., Grau, R. and Zwingli, A. (2015) *Requirements Engineering: Best Practice*. Requirements Engineering: Best Practice. In Fricker, S. A., Thummler, C. and Gavras, A. (Eds.), *Requirements Engineering for Digital Health*, 25-46, USA: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-09798-5.
- [20] OMG – Object Management Group (2016) *Unified Modeling Language® (UML®) Resource Page*, Retrieved January 13, 2016, from <http://www.uml.org/>
- [21] E. Ramollari and D. Dranidis, *StudentUML: An Educational Tool Supporting Object-Oriented Analysis and Design*, In *proceedings of the 11th Panhellenic Conf. on Informatics (PCI 2007)*, 2007.
- [22] G. Engels, J. H. Hausmann, M. Lohmann and S. Sauer, *Teaching UML Is Teaching Software Engineering is Teaching Abstraction*, *Lectures Notes in Computer Science*, Vol. 3844, 2006, pp. 306-319.
- [23] Machado, R.J., Ramos, I. and Fernandes, J. M. (1998). *Specification of Requirements Models*. Aurum, A. · Wohlin, C. (Eds.) *Engineering and Managing Software Requirements*, Berlin, Heidelberg: Springer.
- [24] Starrett, C. *Teaching UML modeling before programming at the high school level*. *Proceedings - The 7th IEEE International Conference On Advanced Learning Technologies, ICALT 2007, (Proceedings - The 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2007)*, 713-714. doi:10.1109/ICALT.2007.234.
- [25] Sien, V. An investigation of difficulties experienced by students developing unified modelling language (UML) class and sequence diagrams. *Computer Science Education*, 21(4), 317-342. doi:10.1080/08993408.2011.630127
- [26] Rivera-Lopez, R., Rivera-Lopez, E and Rodriguez-Leon, A. Another approach for the teaching of the foundations of programming using UML and Java. In *proceedings of the CEA'09 Proceedings of the 3rd WSEAS international conference on Computer engineering and applications*, 279-283.
- [27] Engels, G., Hausmann, J., Lohmann, M., & Sauer, S. *Teaching UML is teaching software engineering is teaching abstraction*. doi:10.1007/11663430_32.
- [28] Kruus, H., Robal, T., & Jervan, G. *Teaching modeling in SysML/UML and problems encountered*. *Proceedings Of The 25Th International Conference On European Association For Education In Electrical And Information Engineering, EAEEIE 2014*, 33-36. doi:10.1109/EAEEIE.2014.6879380.
- [29] Yamazaki, S., & Jiomaru, T. *Instructional design of exercise-centric teaching materials on UML modeling*. *Proceedings - 2014 IIAI 3Rd International Conference On Advanced Applied Informatics*, 342-346. doi:10.1109/IIAI-AAI.2014.77.
- [30] Kuzniarz, L., & Staron, M. *Best practices for teaching UML based software development*. doi:10.1007/11663430_33.
- [31] I-TECH, "Technical Implementation Guide. Guidelines for Pre- and Post-Testing". University of Washington. Seattle, Washington. USA, 2008.
- [32] F. Moreira, and M. J. Ferreira, "Profile-oriented algorithms teaching: a proposed methodology". In *Proceedings of the 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Vol 2, pp 43-46, July 2015.

Plataforma GeoEspacial para Integração e Gestão de Processos Portuários

GeoSpatial Platform for Port Management Processes

Lino Oliveira¹
lino.oliveira@inesctec.pt

¹INESC TEC
Campus da FEUP, R. Dr. Roberto Frias,
4200-465 Porto, Portugal

Jorge Santos², Leonel Dias²
jorgesantos@triedeti.pt, leoneldias@triedeti.pt

²TRIEDE TI
Rua Virgílio Monteiro, 2, 2º I, Pousos
2410-408 Leiria, Portugal

Resumo — As autoridades portuárias têm a necessidade de gerir diversa informação, dentro da área portuária, sob sua responsabilidade relativa às suas infraestruturas marítimas e terrestres. A interligação das áreas estratégicas, com fornecimento e partilha de dados estruturados, num contexto georreferenciado, introduz valor acrescentado para o porto e para sua atividade. O trabalho aqui apresentado permite agregar num só sistema as necessidades de gestão e negócio das autoridades portuárias através da georreferenciação da informação. Este artigo apresenta uma plataforma inovadora, assente em vários módulos e que permite o controlo eficaz e gestão eficiente das operações, processos e requisitos, associadas a qualquer porto marítimo. Os módulos desenvolvidos têm como objetivo suportar as atividades dos processos de negócio nas seguintes vertentes da administração portuária: Cadastro e Património, Hidrografia (dragagens e áreas navegáveis), Tráfego Portuário, Dominial (licenças e concessões), Estudos e Obras, Segurança e Ambiente. A maior parte destes módulos foram pioneiros na integração e Gestão de Processos de Negócio Portuários dos Portos portugueses de Leixões e Viana do Castelo.

Palavras Chave – Sistema de Informação Geográfica; IDE; INSPIRE; Gestão de Processos de negócio Portuários; Autoridades Portuárias; Interoperabilidade;

Abstract — Port authorities have the need to manage diverse information within the port area under its responsibility regarding their land and sea infrastructures. Through this innovation, which adds value to the port and its activity, it is made an interconnection of strategic areas, with the provision and sharing of structured data in a georeferenced environment. This work presents an innovative platform, based on various modules and allows effective control and efficient management of operations, processes and requirements associated with any sea port. The developed modules are designed to support the activities of business processes in the following areas of the port administration: Heritage, Hydrography, Port Traffic, Dominial, Studies and Works, Safety and Environment. Most of these modules were pioneers in the integration with business process management of portuguese ports of Leixões and Viana do Castelo.

Keywords – Geographic Information System; IDE; INSPIRE; Port Business Process Management; Port Authorities; Interoperability;

I. INTRODUÇÃO E OBSERVAÇÕES DO ESTADO DA ARTE

Considerado ao longo da história da humanidade como o mais importante meio de difusão cultural e comercial, o transporte marítimo contribuiu inquestionavelmente para o desenvolvimento da sociedade. No entanto, a gestão de um porto marítimo, ou fluvial, é uma atividade complexa que abrange uma grande diversidade de áreas que necessitam de estar em perfeita sintonia. Nos dias de hoje, as autoridades portuárias necessitam de identificar e conjugar informação de fontes heterogêneas para desenvolver eficientemente a gestão portuária sobre a sua égide, à qual se alia a crescente competitividade na sua área de negócio [1].

Qualquer processo de negócio portuário tem de responder a três requisitos básicos: ocorrer no menor tempo possível, maximizar a eficiência e controlo de custos, e promover a segurança de todos os procedimentos efetuados. Sendo estes requisitos pilares fundamentais na gestão eficiente de um porto, impõe-se a necessidade de uma solução de base tecnológica que dê a resposta adequada aos requisitos, dimensões e cultura dos mais variados portos.

Existem atualmente no mercado algumas soluções SIG para a gestão portuária. No entanto, grande parte dos sistemas que compõem a oferta do mercado pecam pela limitação da sua aplicação no contexto portuário e pela falta de alinhamento com os processos de negócio portuários. A generalidade das soluções existentes têm como principal função o cadastro das operações do porto, restringindo o seu leque de funcionalidades ao registo de dados relativos a algumas atividades dos processos de negócio portuários. A título de exemplo, soluções como o *ArcGIS* [2] da *ESRI*, o *MapInfo* [3] da *PitneyBoves* e o *GeoMedia* [4] da *Hexagon* (ex-*Intergraph*), constituem soluções para a gestão portuária permitindo a operacionalização básica dos portos, de uma forma muito pouco integrada, eficiente, sistematizada e não alinhada com o negócio. Acresce ainda o problema de que estas aplicações nem sempre abrangem todas as áreas afetas à gestão portuária, o que resulta na dependência de aplicações externas e serviços complementares. Mais ainda, estas

soluções muitas vezes não integram nem interagem com as ferramentas e sistemas existentes, dificultando a articulação e correto funcionamento dos processos portuários, colocando desta forma entraves na adoção destas soluções por parte dos utilizadores. Outro facto verificado é que estas soluções tipicamente são o resultado de desenvolvimentos feitos à medida, em resposta a requisitos isolados e necessidades concretas num determinado instante no tempo, dos respetivos portos. Como consequência deste tipo de abordagem, moldado apenas às necessidades imediatas e não aos processos de negócio portuários, obtêm-se soluções complexas e focadas em questões concretas mas que raramente são replicáveis em outras administrações portuárias.

A interligação e interoperabilidade entre soluções, a orientação dos sistemas aos processos de negócio implementados no porto e a sua facilidade de replicação e extensão a outros domínios é com toda a certeza uma mais-valia no âmbito da gestão dos processos portuários, onde a crescente competitividade e avanços tecnológicos, sociopolíticos e culturais forçam a rápida adaptação do porto e dos seus processos à revolução tecnológica do mundo exterior.

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A gestão de um porto marítimo ou fluvial é uma atividade complexa que abrange uma grande diversidade de áreas que necessitam de estar perfeitamente coordenadas. A monitorização e controlo do tráfego portuário, dos locais de atracação, das áreas concessionadas, das infraestruturas portuárias ou a necessidade de avaliar as condições de navegação, são alguns dos muitos pontos que os responsáveis pela gestão portuária necessitam de gerir com eficiência. Assim sendo, as autoridades portuárias sentem necessidade de integrar e centralizar a informação georreferenciada referente às suas áreas de negócio, de forma interoperável, com a restante informação que é gerida nos sistemas de informação já utilizados no contexto portuário, bem como com outros sistemas de apoio à tramitação administrativa e logística, dando-lhe um contexto espacial. Feito de uma forma harmoniosa mas acima de tudo completamente alinhado com os processos de negócio portuários.

É neste sentido que surge a necessidade de existir uma plataforma integradora dos sistemas e informação existente nos vários domínios da atividade portuária e de apoio à decisão, tendo por base informação georreferenciada, de qualidade, atualizada e de acesso expedito aos utilizadores. Desta forma, passa a existir um ponto de acesso à informação de cariz espacial, mantida e gerida pelas autoridades portuárias, complementada, de forma interoperável, com a informação existente nos restantes sistemas que, em conjunto, suportam as atividades dos processos de negócio do porto.

III. SOLUÇÃO

A Plataforma GeoEspacial proposta para a integração e gestão de processos portuários, tem por base um Sistema de Informação Geográfica (SIG) que, através da informação

espacial de qualidade que suporta, interligue as várias áreas estratégicas das autoridades portuárias, nomeadamente:

- Cadastro e Património;
- Hidrografia (dragagens e áreas navegáveis);
- Tráfego Portuário;
- Dominial (licenças e concessões);
- Estudos e Obras;
- Prevenção e Segurança;
- Ambiente;

Numa primeira fase deste trabalho foi feita a identificação e caracterização dos processos de negócio das áreas estratégicas, onde para além da definição formal das atividades e fluxos dos processos, foram também identificados e definidos os requisitos funcionais e não funcionais, de suporte às atividades. Ainda nesta fase inicial foi desenhado o modelo conceptual e o respetivo modelo relacional de acesso e manutenção dos dados, baseados em informação geográfica interoperável e seguindo as diretivas internacionais que estabelecem uma Infraestrutura de Informação Espacial na Europa (Diretiva INSPIRE [5]), bem como os *standards* de informação geoespacial e de serviços baseados na localização, fomentados pela *Open Geospatial Consortium* (OGC [6]).

A segunda etapa do trabalho consistiu no desenvolvimento da solução, independente do sistema de coordenadas, interoperável e de acesso expedito a qualquer utilizador com credenciais no domínio portuário (através do protocolo LDAP - *Lightweight Directory Access Protocol*) e baseada no modelo conceptual criado e que permite a gestão e interligação das várias áreas estratégicas de atuação.

A. Arquitectura Física da Solução

A Figura 1 ilustra a Arquitetura Física desenvolvida neste trabalho, onde estão representadas as principais entidades e componentes, bem como os serviços externos que integram a solução. Nesta arquitetura distinguem-se quatro blocos principais: **Dados, Serviços, Aplicações e Clientes**.

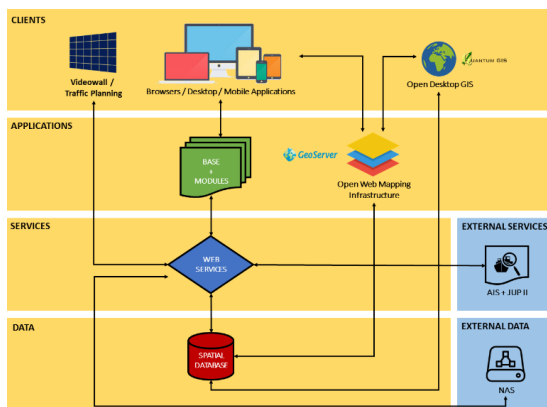


Figura 1 - Visão Geral da Arquitetura Física da Solução

A componente de Dados (*Data*) é composta pelo *Sistema Gestor de Bases de Dados* (SGDB) com extensão espacial e por um *Network-Attached Storage* (NAS). Estes são responsáveis por armazenamento da informação que é mantida e gerida na solução, servindo também como repositório interoperável de informação geográfica e multimédia. O NAS pode ainda funcionar como repositório externo de armazenamento de dados essenciais para a plataforma, e com isso enriquecer a arquitetura proposta através das suas características intrínsecas para gestão de grandes volumes de dados, pela sua excelente performance em largura de banda e eficiente metodologia de *backup*. Com a adoção desta arquitetura, exemplos como grandes volumes de informação, como é o caso dos *Ortofotomapas* (*Fotografia Aérea*) podem ser mantidos num NAS, que posteriormente a solução é capaz de aceder e gerir.

A componente de Serviços (*Services*) é composta pelos vários serviços *Web* que permite às aplicações cliente interagirem com a componente de dados e com os serviços externos, como por exemplo, os serviços de tráfego de embarcações, gestão documental, planeamento de recursos empresariais - ERP (*Enterprise Resource Planning*), ou a JUP (Janela Única Portuária), através da troca de mensagens utilizando protocolos de comunicação *standard*.

Da componente de Aplicações (*Applications*) fazem parte: a solução *Web-based* e os respetivos módulos aplicativos, a aplicação *desktop* que alimenta um *Videowall*, a aplicação móvel para fiscalização dominial, no terreno, e um *Open Web Mapping* como, por exemplo, o *GeoServer* [7] (em alternativa podia ser utilizado o *MapServer* [8]), que formam a interface visível da solução completa para o utilizador, quando este acede a partir dos diferentes clientes aplicativos.

Na última componente, denominada Clientes (*Clients*), reside um *Videowall*, sistema avançado de monitorização de manobras, tráfego e operações, geralmente instalado no Centro de Coordenação de Navios e onde é representado e monitorizado, em larga escala, a situação real do tráfego portuário. Nesta componente, além do denominado *Videowall* a arquitetura física da solução integra ainda computadores com navegadores *Web* para aceder aos diversos módulos da solução e dispositivos móveis para utilização de funcionalidades específicas.

B. Arquitectura Lógica da Solução

A Arquitectura Lógica da solução desenvolvida neste trabalho foi construída segundo o modelo *Three-Tier Architecture* [9] proposto por John J. Donovan e que se baseia em três camadas (*tiers*): **Dados**, **Lógica** e **Interface**.

Assim e com base neste modelo de implementação, na Figura 2 esquematizam-se as três camadas que constituem a arquitetura lógica da solução, representando para cada camada as principais entidades e componentes que integram a proposta desenvolvida:

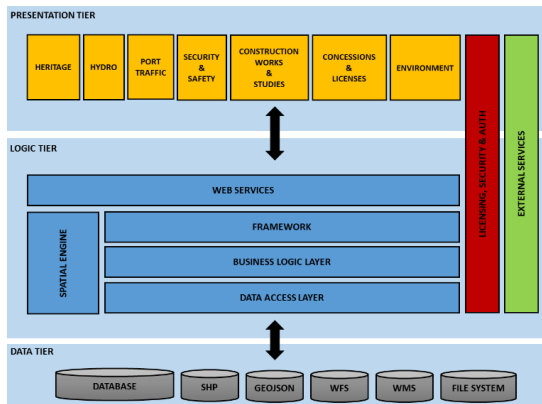


Figura 2 - Visão Geral da Arquitetura Lógica da Solução

Em síntese, a camada de Dados (*Data Tier*) é composta pelo Sistema Gestor de Bases de Dados com extensão espacial e por vasto conjunto de fontes heterogêneas de informação espacial (a título de exemplo, WMS [10], WFS [11], Shapes Files [12], GeoJSON [13], entre outros).

A camada Aplicacional (*Logic Tier*) apresenta-se dividida nas seguintes componentes lógicas:

- DAL (Data Access Layer);
- BLL (Business Logic Layer);
- Framework;
- Spatial Engine;
- Web Services;

As componentes *DAL* e *BLL* encarregam-se, respetivamente, de fornecer um mecanismo de abstração de todas as fontes de dados heterogêneas utilizadas, e implementar regras de negócio específicas que permitem extrair informação útil para o sistema. A componente *Framework* para além de ser o motor de toda a solução, é onde é concretizada a ligação a outras entidades e serviços externos, como por exemplo, os Serviços de Tráfego de Embarcações (AIS [14] e JUP [15]), bem como aos serviços de Gestão Documental e/ou outros relevantes para o sistema e com os quais este necessita de interagir. Na componente *Spatial Engine*, de acesso transversal pelos restantes componentes da camada lógica, estão descritas todas as operações espaciais necessárias à operacionalização da solução. Por último, a componente *Web Services* é responsável pela disponibilização da informação tanto para os módulos constituintes da solução como para sistemas externos, seguindo protocolos estabelecidos por normas ISO.

A Camada de Interface com o utilizador (*Presentation Tier*), também denominada camada de apresentação, é composta pelos módulos agregadores das funcionalidades que compõem a plataforma e com os quais os utilizadores da solução interagem, e que serão sumariamente descritos na secção seguinte.

C. Funcionalidades

Fazendo uso de uma base geográfica normalizada num sistema de coordenadas parametrizável, a solução resultante permite às diferentes equipas responsáveis pela administração portuária, a fácil e completa visualização, manipulação e processamento, em tempo real, de todos os dados relacionados com as atividades daí decorrentes.

A banalização do acesso à internet e a crescente familiarização e facilidade no uso de plataformas *Web* pela maioria dos utilizadores, reúne as condições ideais para construir um ambiente de trabalho colaborativo, potenciando a interação com o sistema em simultâneo e em qualquer local, numa vasta gama de dispositivos e com o mínimo de recursos possível. Esta situação permite a partilha instantânea de informação de cariz espacial relevante para a gestão portuária, fomentando o trabalho de equipa entre todos os colaboradores da instituição, englobando departamentos de todas as áreas de atividade do porto.

A solução possui uma estrutura flexível, de forma a ser facilmente configurada e parametrizada. Além disso, de forma a otimizar ainda mais esta estrutura foi definido um conjunto de módulos base, que têm como objetivo agregar as várias vertentes funcionais similares e derivadas de um grupo específico de processos de negócio portuários e que a solução irá abranger na sua totalidade.

Assim sendo, fazem parte da solução os seguintes módulos:

1) Cadastro e Património

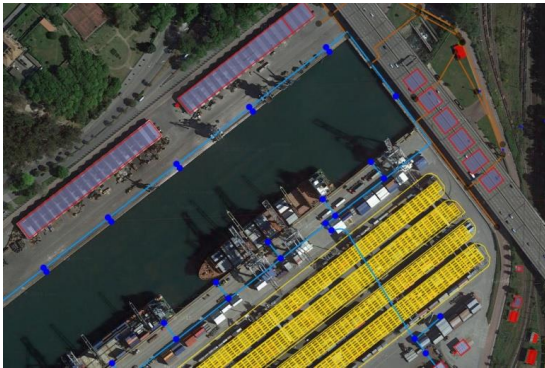


Figura 3 – Exemplo da visualização de património cadastrado

Com o estudo e caracterização dos processos de negócio, concluiu-se que são necessárias as seguintes funcionalidades:

- Cadastrar o Património Portuário;
- Gerir o Património Portuário;
- Representar Geograficamente os Bens Patrimoniais;
- Consultar o Património Portuário;
- Exportar Informação e Interoperabilidade;

2) Hidrografia (dragagens e áreas navegáveis)

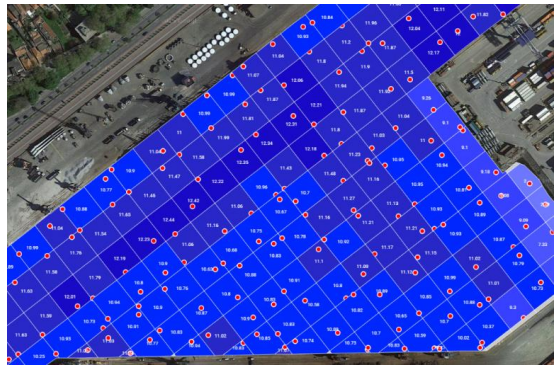


Figura 4 – Exemplo da visualização de um levantamento hidrográfico

Nesta área temática, a caracterização dos processos de negócio permitiram concluir que a solução deve disponibilizar o seguinte conjunto de funcionalidades:

- Registrar Locais de Dragagem;
- Importar e visualizar Análises de Sedimentos;
- Visualizar Levantamentos Hidrográficos;
- Calcular Volumes Dragados;
- Calcular Taxas de Assoreamento;

3) Tráfego Portuário



Figura 5 – Exemplo do módulo de Tráfego Portuário instalado num Centro de Coordenação de Navios

Na temática referente à monitorização e planeamento do *Tráfego Portuário*, a solução suporta as seguintes atividades dos processos de negócio:

- Simulação e Planeamento de Manobras de Navios;
- Representação da Situação Portuária;
- Integração de Sistemas de Posicionamento de Navios;

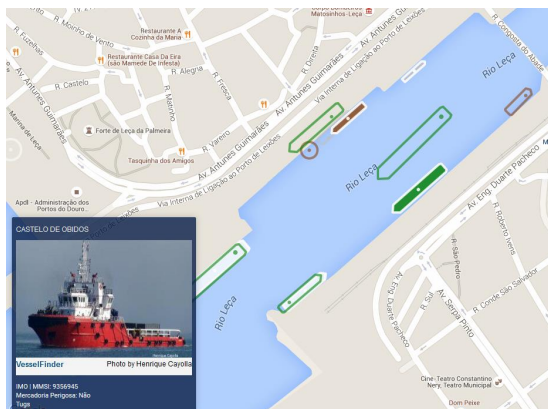


Figura 6 – Exemplo da representação web-based do tráfego portuário a partir de dados provenientes do AIS e da JUP

De destacar, que este módulo monitoriza o tráfego portuário em tempo real através da aquisição de dados provenientes de sistemas como o AIS e JUP, representando graficamente os navios e embarcações à escala real. Para além da vertente *Web-Based*, este módulo está presente na componente desktop denominada *Videowall*, disponibilizando este conjunto de funcionalidades num ambiente controlado, tolerante a falhas e de alto desempenho, de acesso restrito a um pequeno grupo de utilizadores. Além disso, a ferramenta para controlo de tráfego portuário permite ainda o planeamento de manobras de navios, com a criação de cenários possíveis de atracação no porto, a exportação dos cenários criados e o envio de alertas sobre cenários com configurações inválidas.

4) Dominial (licenças e concessões)

Na área da gestão *Dominial*, a caracterização dos processos de negócio permitiram concluir que a solução deve disponibilizar um conjunto de funcionalidades de suporte às seguintes atividades:

- Representação Geográfica dos Bens Dominiais;
- Criação e Emissão de Títulos de Utilização;
- Representação Geográfica dos Bens Patrimoniais;
- Fiscalização de Domínios Públicos e Privados;

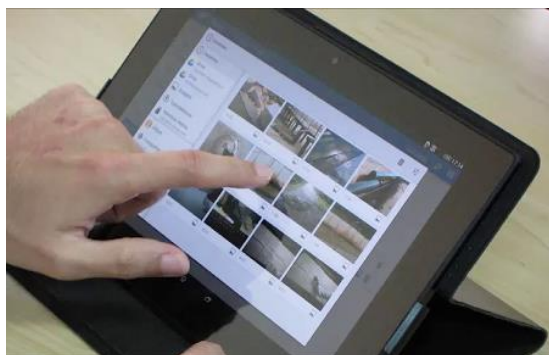


Figura 7 – Exemplo de utilização da aplicação móvel para gestão dominial através Tablet

De realçar ainda que, de forma a maximizar a eficiência e versatilidade deste módulo também é possível, através de uma aplicação desenvolvida especificamente para dispositivos móveis, suportar atividades de fiscalização no terreno.

5) Estudos e Obras



Figura 8 – Exemplo de visualização de um estudo associado a uma obra portuária

De uma forma global, o módulo *Estudos e Obras* permite à autoridade portuária responder de forma eficiente nas seguintes atividades:

- Gestão de Processos de Obras;
- Monitorização de Obras Marítimas e Portuárias;
- Estudos para Viabilização de Obras;
- Representação de Análises Geológicas;

6) Prevenção e Segurança

IV. CASO DE ESTUDO

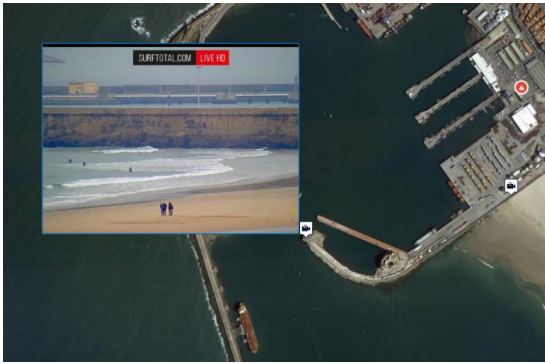


Figura 9 – Exemplo de visualização de CCTV

Esta componente reflete as funcionalidades necessárias para suporte às atividades segurança portuária:

- Integração dos Planos de Segurança Interna;
- Gestão e mitigação de Incidentes Portuários;
- Visualização de CCTV (*Closed Circuit Television*);

Este módulo destaca-se pela capacidade de integrar o Plano Global de Segurança de uma autoridade portuária.

7) Ambiente



Figura 10 - Exemplo de Monitorização Ambiental e Alarmística

Por último, o módulo de *Gestão Ambiental* permite suportar as seguintes atividades:

- Caracterização Ecológica da Zona de Jurisdição;
- Integração de Dados de Estações;
- Monitorização Ambiental e Alarmística;
- Produção de Relatórios Ambientais;

Todos estes módulos estão ligados entre si e estão devidamente alinhados com os processos de negócio. Em complemento a estes módulos, foram desenvolvidas ferramentas para interoperar com outros sistemas e serviços externos, como por exemplo: os Sistemas de Gestão Documental, ERP (*Enterprise Resource Planning*), JUP (*Janela Única Portuária*), tecnologias Google (*Earth ou Street View*), ou com dados hidrográficos, meteorológicos e oceanográficos de acesso público.

O alvo desta implementação foram os portos de Leixões e Viana do Castelo, geridos pela Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo (APDL). Esta autoridade portuária, num trabalho anterior foi objeto da implementação de uma solução especializada para Gestão Ambiental e Portuária e que tem vindo a desempenhar um papel ativo no que diz respeito à inovação, operacionalização e gestão dos principais processos de negócio portuários. A APDL (tomadora da solução e identificadora dos requisitos) é um dos vértices do triângulo de inovação e transferência de tecnologia composto também pela entidade do sistema científico e tecnológico português INESC TEC (o produtor de inovação), e pela empresa TRIEDET (o tomador da inovação e produtor da solução). O sucesso na cooperação das entidades envolvidas posicionam estes portos portugueses na vanguarda de soluções I&D de base tecnológica.

Este projeto é portanto o *early adopter* da solução aqui apresentada, e visou a implementação desta plataforma a fim de possibilitar o controlo e gestão das operações, processos e requisitos ambientais, dos portos marítimos sob a jurisdição da APDL. Desta forma, como previsto a solução disponibiliza um conjunto alargado de módulos que dá suporte às atividades dos diferentes processos de negócio identificados e que permitem uma gestão integrada e centralizada de toda a informação, dando o efetivo suporte à decisão, como por exemplo, a localização e disponibilidade de equipamentos, a concessão de infraestruturas, a execução de obras, a gestão de incidentes de segurança, a verificação da profundidade navegável, além da monitorização e planeamento em tempo real, de todo o tráfego portuário.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O caso de estudo aqui apresentado foi essencial para validar o posicionamento da solução. Ficou provado a existência de um vazio, no setor portuário, ao nível do suporte de atividades dos processos de negócio de uma forma integrada num contexto georreferenciado. A solução mostrou-se capaz de dar uma resposta efetiva às necessidades e cuja adaptação da proposta genérica ao caso de estudo foi bem conseguida, acredita-se de que esta será uma solução única, de fácil aplicação, a qualquer porto independente da sua dimensão, e que irá proporcionar à respetiva administração portuária o suporte eficiente na execução das atividades decorrentes dos processos de negócio portuários.

A metodologia utilizada assente num triângulo de inovação e transferência de tecnologia, constituído por: entidade tomadora da solução e identificadora dos requisitos, entidade produtora da ciência e inovação, e entidade tomadora da inovação e produtor da solução. Este triângulo virtuoso foi fundamental na articulação e alinhamento da estratégia.

Em termos de trabalhos futuros, pretende-se estender a solução para suportar os processos de gestão do tráfego, segurança e transporte em vias navegáveis interiores (rios). Com isto pretende-se no futuro evoluir a solução para suportar funcionalidades de um *River Information Services* (RIS) [16].

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização – COMPETE 2020 no âmbito do projeto «POCI-01-0145-FEDER-006961» e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia através do projeto «UID/EEA/50014/2013».

VII. REFERÊNCIAS

- [1] E. M. R. Moutinho, “SIIG-Sistemas de Identificação e Informação Geográfica: proposta de sistema de gestão portuária para o Porto de Sines,” PhD Thesis, 2010.
- [2] “ArcGIS,” ESRI, [Online]. Available: <https://www.arcgis.com>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [3] “MapInfo Pro™,” Pitney Bowes Inc, [Online]. Available: <http://www.pitneybowes.com/us/location-intelligence/geographic-information-systems/mapinfo-pro.html>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [4] “GeoMedia,” Hexagon, [Online]. Available: <http://www.hexagongeospatial.com/products/producer-suite/geomedia>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [5] I. Directive, “Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE),” 2007.
- [6] 22 03 2015. [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/is>.
- [7] GeoServer, Maio 2015. [Online]. Available: <http://geoserver.org/>.
- [8] O. S. G. Foundation, “MapServer,” [Online]. Available: <http://mapserver.org/>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [9] Microsoft, “Using a Three-Tier Architecture Model,” [Online]. Available: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms685068\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms685068(v=vs.85).aspx). [Acedido em 2016 Fevereiro 1].
- [10] OGC, “Web Map Service,” 2004.
- [11] OGC, “Web Feature Service,” 2005. [Online]. Available: <http://www.opengeospatial.org/standards/wfs>.
- [12] B. Stabler, “Shapefiles: read and write ESRI shapefiles,” *R package version 0.6*, 2006.
- [13] I. G. J. W. Group, “GeoJson,” [Online]. Available: <http://geojson.org/>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [14] M. Greene e W. Hurley, “Radio frequency automatic identification system”. Patente 5,581,257, 1996.
- [15] APDL, “JUP - Janela Única Portuária,” [Online]. Available: <http://www.apdl.pt/documents/10180/21055/Conceitos+Gerai+s+JUPII/15be8722-07f5-4faf-ae3c-e8cf6edae4f2>.
- [16] “Directive 2005/44/EC,” Official Journal of the European Union, [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:255:0152:0159:EN:PDF>. [Acedido em Fevereiro 2016].

SocialCount

Um aplicativo móvel que mede as Interações Sociais realizadas pelo usuário

SocialCount

A mobile application that measures the Social Interactions performed by the user

Isadora Vasconcellos e Souza, João Carlos Damasceno Lima

Departamento de Linguagens e Sistemas de Computação

Universidade Federal de Santa Maria, UFSM

Santa Maria, Brasil

isouza@inf.ufsm.br, caio@inf.ufsm.br

Resumo — O SocialCount é um aplicativo móvel que mede as interações sociais realizadas entre os indivíduos inseridos em uma sociedade. Este levantamento de interações serve para auxiliar nos estudos entre o indivíduo e a sociedade dentro da Teoria da Atividade Histórico-Cultural.

Palavras Chave - Interação social; Interação social face a face; Teoria da Atividade; Computação ubíqua.

Abstract — The SocialCount is a mobile application that measures social interactions take place between individuals inserted in a society. This interaction survey is meant to aid in the study between the individual and society in the Theory of Historical-Cultural Activity.

Keywords – Social Interaction; Face-to-face Interaction; Theory of Activity; Ubiquitous Computing.

I. INTRODUÇÃO

A Teoria da Atividade Histórico-Cultural define as ações necessárias para a realização de uma atividade considerando diversos fatores que um sujeito está submetido no decorrer destas ações, como a comunidade, leis e divisão de trabalho. O presente artigo tem como objetivo relatar o desenvolvimento de um aplicativo móvel para medir as interações sociais face a face realizadas pelo usuário. O aplicativo se chama SocialCount e serve como base para auxiliar e aprofundar os estudos da comunidade inserida na Teoria da Atividade Histórico-Cultural, com ele é possível o levantamento de dados para a análise das relações entre os sujeitos presentes em uma comunidade.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. A Teoria da Atividade

A Teoria da Atividade, como o próprio nome sugere, estuda as ações que um indivíduo realiza para executar determinada atividade. Por exemplo, a atividade escovar os dentes pode ser dividida em diversas ações: pegar a escova de dentes, colocar paste de dente, ligar a torneira, etc. Segundo Kuutti [1], transformar o objeto em um resultado é o que motiva a existência de uma atividade.

A Teoria da Atividade leva em consideração o sujeito, o objeto e a mediação por artefatos para a realização de uma atividade. Há também outros fatores que devem ser observados ao analisar uma atividade, como a comunidade em que este sujeito está inserido, suas regras e divisão do trabalho. Estes fatores são considerados pela Teoria da Atividade Histórico-Cultural que está representada na Fig. 1.

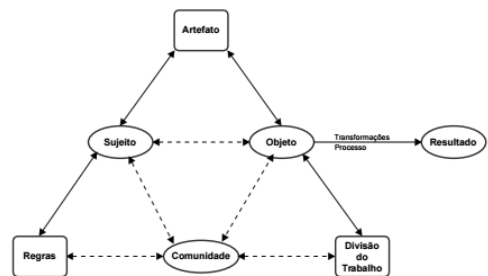


Figura 1. Representação da Teoria da Atividade Histórico-Cultural. Fonte: Adaptado de Kuutti (1996)

As atividades realizadas em comunidade dependem de uma divisão de trabalho, para isso os sujeitos em uma comunidade estão submetidos a regras e acordos sociais. As regras definem desde o comportamento até a organização do meio onde vivem.

Os sujeitos presentes em uma comunidade precisam se relacionar e se comunicar para que aconteça uma divisão de trabalho. Este relacionamento ocorre por meio de interações sociais. Por exemplo, em uma situação onde um grupo de pessoas precisa realizar determinado trabalho em conjunto, os integrantes do grupo precisam interagir a fim de encontrar um esquema de ações para conseguirem alcançar seu objetivo. Para estas ações estarem em sintonia é necessário o uso de regras. As regras podem ser desde indicações que definem as atividades que cada integrante do grupo deve executar até de que maneira deve executar esta atividade.

Sendo assim, as interações sociais têm uma importância fundamental para o convívio em sociedade e a divisão do trabalho. Estas interações são o foco principal do presente trabalho que tem a finalidade de disponibilizar um aplicativo móvel que contabilize as interações sociais do usuário. Este aplicativo é uma ferramenta que abre uma perspectiva para a elaboração de trabalhos futuros para auxiliar e aprofundar os estudos das relações entre o sujeito e a comunidade, além de ser uma base para o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem na divisão de trabalho em uma comunidade.

B. A Interação Social e os conceitos envolvidos em sua definição

Segundo Sztompka [2], as relações sociais começam pelo comportamento, que são movimentos físicos do corpo. Quando estes movimentos possuem significado e propósito, são considerados ações.

O comportamento inserido em uma comunidade gera o comportamento social, que são movimentos que remetem direta ou indiretamente às outras pessoas. Dessa forma, caso esses movimentos tenham significado e propósito, geram ações sociais.

Quando várias ações sociais são realizadas, há um contato social, que é o início das interações sociais. Existem alguns tipos de interações sociais, como: interações repetidas (interações acidentais), interações regulares (ocorrem várias vezes e possuem uma frequência) e as interações regulamentadas (descritas por leis, costumes ou tradições). Segundo Park e Burgess [3] entende-se por interação social o processo através do qual as pessoas se relacionam umas com as outras em determinado contexto social. E contexto social para Kofod-Petersen [4] descreve aspectos sociais do usuário, como informações sobre amigos, parentes e colegas.

Um esquema de diversas formas de interações é chamado de relação social. A Fig. 2 representa a diferença entre interação e relação social realizadas em diferentes contextos.

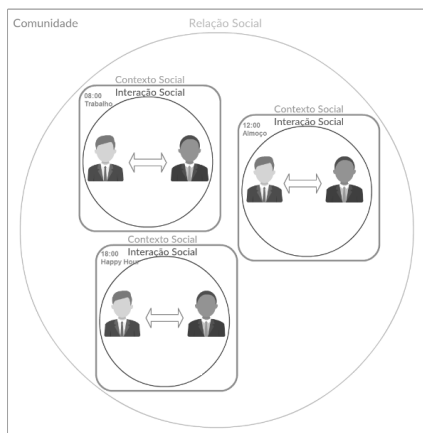


Figura 2. Representação de uma interação e relação social

III. SOCIALCOUNT

O SocialCount é um aplicativo móvel desenvolvido para o sistema operacional Android. Ele tem como objetivo principal contabilizar adequadamente as interações sociais realizadas no cotidiano do usuário.

As funcionalidades e requisitos do SocialCount foram baseadas, em grande parte, na taxonomia de relações e interações sociais de Sztompka [2] descritas na Unidade II.

Para Sztompka, o comportamento social é definido por movimentos que remetem direta ou indiretamente às outras pessoas. Portanto, os indivíduos participantes de um comportamento social estão próximos fisicamente. O reconhecimento de proximidade é definido através de conexões Bluetooth entre os dispositivos dos indivíduos integrantes da interação. Ou seja, através do Bluetooth o aplicativo é capaz de detectar a proximidade dos interagentes. As interações relevantes para o aplicativo são as realizadas face a face, ou seja, as interações mediadas via redes sociais, e-mail, videoconferência ou qualquer ferramenta web de comunicação não são consideradas por ele.

As ações sociais dão significado e propósito ao comportamento social. Desta forma, o aplicativo define em que contexto de localização a interação ocorreu, pois uma interação em um contexto de trabalho pode ter um propósito diferente de uma interação ocorrida em um contexto de família, por exemplo. Esta definição é feita através do cadastro prévio dos endereços dos locais de trabalho, casa, faculdade que o usuário frequenta.

O contato social é um conjunto de ações sociais, o aplicativo contabiliza interações de contatos sociais primários, onde os interagentes são familiares, amigos, colegas e pessoas próximas ao usuário. Para isto, o usuário deve armazenar em sua agenda de contatos do Android o ID do Bluetooth do dispositivo das pessoas que deseja que o SocialCount contabilize as interações.

O SocialCount contabiliza e armazena as interações regulares pois mede a frequência com que as mesmas ocorrem. Ele também mede as interações regulamentadas, pois os usuários estão submetidos a uma comunidade com leis, costumes ou tradições.

A Fig. 3 representa o funcionamento do SocialCount no cotidiano do usuário. O aplicativo mede as interações de acordo com os IDs salvos no dispositivo do usuário, os outros participantes da interação precisam ter apenas dispositivos com conexão Bluetooth, estes dispositivos não precisam ter o aplicativo instalado.

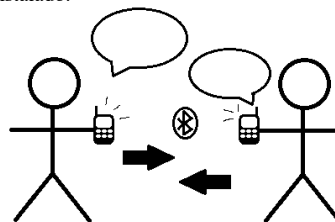


Figura 3. Representação do uso do aplicativo no cotidiano do usuário

A. Persistência de Dados

O armazenamento dos dados é feito em repositórios do sistema Android. Os endereços dos contextos locais e os endereços Bluetooth necessários para o funcionamento do aplicativo são armazenados nos contatos através da interface ContactContract do Android, já as interações realizadas ficam armazenadas no Calendário do Android através da interface CalendarContract. Estas interfaces permitem a utilização do banco de dados extensível das informações de contatos e calendário, respectivamente.

Este sistema de armazenamento não requer um banco de dados à parte, isso faz com que não tenha replicação de dados, ou seja, o único lugar que armazena as informações é o repositório do dispositivo. Dessa forma, não gera problemas de inconsistência de dados. Sendo assim, também não é necessário um mecanismo de sincronização para evitar esta inconsistência. Os dados são lidos diretamente do sistema de armazenamento do Android e exibidos no calendário, assim como atualizados pelo aplicativo diretamente no mesmo. Além disto, estes dados podem ser facilmente portáveis, pois podem ser acessados por outros aplicativos que queiram utilizá-los.

B. Cadastramento

A execução do SocialCount é definida em 5 fases e o Cadastramento é a primeira delas. O usuário cadastra previamente as pessoas que deseja que o aplicativo contabilize as interações e os endereços dos lugares que mais frequenta, como trabalho, faculdade, casa.

Para o cadastro de pessoas são necessários o nome, o grau de intimidade e o ID do Bluetooth. O grau de intimidade serve para classificar as interações em amigos, colegas, familiares. O ID do Bluetooth pode ser buscado automaticamente por meio de um botão do aplicativo que apresenta o nome dos dispositivos próximos, o usuário só precisa escolher o nome adequado e o aplicativo armazena o ID do nome escolhido. Somente pessoas cadastradas possuem as interações contabilizadas.

Para o cadastro de endereços dos locais de trabalho, faculdade e casa é necessário preencher os seguintes campos: rua, cidade, estado, país, código postal. No momento em que o usuário conclui o cadastro, o aplicativo gera as coordenadas geográficas de cada local e armazena ao respectivo endereço. Este cadastro é usado para definir o contexto local em que as interações ocorreram.

C. Descoberta

A segunda fase é a de descoberta. Esta fase inicia as buscas Bluetooth, disparando uma busca a cada 5 minutos, estas buscas executam em background no dispositivo durante todo o funcionamento do aplicativo, inclusive nas outras fases. Para isso é usada a classe AlarmManager que habilita a classe BluetoothService responsável por fazer uma busca Bluetooth a cada 5 minutos ou 300000 milissegundos.

Em cada busca realizada, caso for encontrado algum dispositivo próximo, o aplicativo procura nos contatos

armazenados se existe um contato com ID do Bluetooth igual ao dispositivo correspondente. Caso encontre, uma interação temporária será salva no calendário do Android, senão a interação é descartada.

D. Temporização

A terceira fase é de Temporização. Esta fase serve para garantir que as pessoas próximas estão realmente interagindo com o usuário e não apenas passaram por ele rapidamente.

Quando uma busca Bluetooth é realizada e um dispositivo é encontrado, o aplicativo percorre o calendário do Android em busca de uma interação temporária. Caso um dispositivo encontrado recentemente possuir o mesmo ID de uma interação temporária, o aplicativo irá excluir esta interação temporária e irá para a fase de Armazenamento, pois desta forma pode-se assumir que o usuário e o indivíduo estão interagindo há no mínimo 5 minutos.

Uma interação temporária tem validade de 5 minutos, ou seja, na próxima busca realizada após o seu armazenamento ou ela é excluída ou vira permanente.

E. Armazenamento

Quando uma interação passar pela fase de Temporização ela vai para a fase de Armazenamento. Nesta fase a interação é armazenada e contabilizada.

Primeiro o aplicativo utiliza o GPS para localizar a latitude e longitude do local e definir em que contexto esta interação foi realizada. Depois ele procura nos contatos do Android os endereços armazenados pelo usuário e define se foi na casa, no trabalho, na faculdade, caso não seja encontrado um endereço correspondente o contexto da interação será "Outros".

Após a definição do contexto local, a interação permanente é armazenada no calendário do Android no dia e hora em que ela foi realizada. Junto com a interação são armazenados o nome da pessoa com que esta interação ocorreu, a familiaridade e o contexto local.

F. Representação Gráfica

Sempre que desejar, o usuário pode consultar as interações realizadas, elas são representadas por gráficos. Ele pode ver as interações de determinado mês de acordo com 3 categorias:

- 1) *Familiaridade*: quantas interações ocorreram naquele mês com familiares, amigos e colegas.
- 2) *Contexto local*: quantas interações ocorreram naquele mês em casa, na faculdade, no trabalho.
- 3) *Pessoas*: quantas interações ocorreram naquele mês com cada pessoa cadastrada.

Assim que o usuário define o mês e a categoria que deseja consultar, o aplicativo percorre todas as interações armazenadas no calendário, contabiliza e plota as representações com a biblioteca GraphView.

G. Validação do aplicativo

A validação do aplicativo foi feita com o auxílio de cinco voluntários estudantes da Universidade Federal de Santa Maria

e do Centro Universitário Franciscano. Os voluntários utilizaram o SocialCount durante uma semana e preencheram um formulário de avaliação. Foram avaliados quesitos como: usabilidade, interface, consumo de bateria e contabilidade adequada das interações.

No quesito usabilidade o aplicativo obteve algumas críticas em relação ao cadastramento. Os voluntários relataram que o cadastro dos endereços é extenso. Isso se deve ao fato do aplicativo necessitar de endereços precisos para garantir a eficiência da localização da latitude e longitude. Melhorias poderão ser feitas para a otimização destes cadastros.

A interface do aplicativo obteve uma avaliação positiva, os voluntários avaliaram como simples e intuitiva para utilizar.

O consumo de bateria foi um ponto fraco do aplicativo, pois cada busca Bluetooth consome um nível elevado de energia. A maioria dos voluntários relataram que perceberam a diferença de duração de bateria com o uso do aplicativo. Melhorias poderão ser feitas para melhorar o consumo de energia.

A contabilidade adequada das interações obteve 100% de aceitação. Todos os voluntários relataram que o aplicativo contabilizou adequadamente as interações realizadas durante a semana com as pessoas cadastradas, assim como classificou o contexto local em que elas foram realizadas corretamente.

IV. TRABALHOS RELACIONADOS

As interações relevantes para o aplicativo proposto neste trabalho serão apenas as executadas face a face entre os indivíduos. Visto que com o avanço tecnológico e a facilidade de comunicação que ele proporcionou, esse tipo de interação, tão importante para as relações humanas, tende a ser menos frequente.

Os trabalhos relacionados encontrados identificam ou proporcionam estas interações face a face. Eles podem ser classificados em dois tipos: redes sociais e identificadores de interações. As redes sociais são: E-Shadow, PMSN, Social Serendipity. Já o Sociômetro é um identificador, assim como o SocialCount.

A. E-Shadow

As Universidades de Ohio e de Massachusetts, nos Estados Unidos, criaram o E-Shadow, um sistema com o intuito de disponibilizar mais experiências de interações face a face: “O E-Shadow é uma extensão eletrônica da própria identidade do indivíduo, o que pode facilitar as interações sociais em sua proximidade física imediata” [5].

O E-Shadow é caracterizado como uma rede social local. A ideia deste sistema é funcionar como uma sombra: “Ele é capaz de fornecer informações diferentes dinamicamente de acordo com as situações sociais, assim como a sombra pode mudar a sua forma de acordo com o movimento do sol no céu” [5]. Ele apresenta as informações dos usuários dependendo da distância em que os mesmos se encontram.

O usuário do E-Shadow precisa de um perfil e de um telefone celular com Wi-Fi e Bluetooth. O sistema apresenta

as informações de acordo com a distância dos utilizadores do E-Shadow, dessa forma os dados referentes às conexões mais longas são fornecidos via Wi-Fi e os dados referentes às distâncias menores são capturados via Bluetooth.

Este sistema faz com que um indivíduo se aproxime fisicamente de outro indivíduo para obter mais informações a respeito do mesmo. Além disso, o mecanismo não possui meios de comunicação. Desta forma o E-Shadow instiga as pessoas a se relacionarem face a face.

B. PMSN (Proximity-based Mobile Social Networking)

Outro aplicativo relacionado é o PMSN (Proximity-based Mobile Social Networking, ou traduzindo, Rede Social Móvel Baseada Na Proximidade). Este sistema é uma rede social que utiliza Bluetooth e Wi-Fi para reconhecimento da proximidade dos usuários.

“O PMSN refere-se à interação social entre os usuários móveis fisicamente próximos, através das interfaces WiFi/Bluetooth em seus smartphones ou outros dispositivos móveis. Como complemento valioso para as redes sociais online, o PMSN permite interações sociais face a face mais tangíveis e em lugares públicos, como bares, aeroportos, trens, e estádios” [6].

O PMSN tem mecanismos de granulação fina para definir quais usuários possuem gostos, interesses e atividades em comum com outros usuários. Sendo assim, não só a proximidade é relevante para uma interação social, mas também os interesses em comum. Este refinamento funciona da seguinte forma: “A ideia básica é associar um valor numérico específico do usuário a cada atributo. Por exemplo, suponha que cada atributo corresponde a um interesse diferente, como filme, esportes, e cozinhar. A primeira vez que o usuário utiliza o aplicativo PMSN, ele é solicitado a criar seu perfil, atribuindo um valor a cada atributo no conjunto atributo público definido pela aplicação PMSN. Cada valor do atributo é um inteiro em $[0, 10]$ e indica o nível de interesse, sendo nenhum interesse (0) e muito interesse (10). Cada perfil pessoal é então definido como um conjunto de valores de atributos, cada um correspondendo a um atributo exclusivo no atributo público definido” [6].

O aplicativo PMSN não é responsável pela interação social, porém, fomenta essas interações encontrando pessoas próximas do local onde o usuário está e descobrindo os perfis que mais combinam com os interesses dele.

C. Social Serendipity

Ainda nessa linha de aplicativos que descobrem pessoas próximas ao usuário através de Bluetooth e estimulam a interação entre elas, foi desenvolvido no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) o Social Serendipity: “Um novo sistema baseado em telefone móvel que utiliza endereços de hardware Bluetooth e um banco de dados de perfis de usuários para viabilizar as interações casuais face a face entre os usuários próximos que não se conhecem, mas deveriam se conhecer” [7].

O Serendipity utiliza um servidor centralizado para coordenar as interações sociais locais. O servidor guarda os perfis dos usuários com dados necessários para fazer a combinação destes perfis, como as variáveis de atributos que definem os interesses e o ID do Bluetooth (BTID) do dispositivo. Quando dois usuários do Serendipity se aproximam, o servidor verifica se as pessoas possuem interesses e gostos em comum através de uma pontuação de semelhança das variáveis, caso tenham, um sinal é enviado para ambos os dispositivos.

“O Serendipity recebe dos telefones o BTID e o valor das variáveis dos atributos e consulta o banco de dados MySQL para localizar os perfis de usuários associados através dos endereços BTID descobertos. Se o perfil for encontrado, o sistema chama outro script para calcular a pontuação de semelhança entre os dois usuários próximos. Quando esta pontuação está acima de ambos os limiares dos usuários, o script envia um alerta para seus telefones com uma imagem do outro usuário, as suas semelhanças, uma lista dos pontos em comum e informações adicionais para contato (informadas a critério de cada usuário)”[7].

D. Sociômetros

Outro trabalho relacionado desenvolvido pelas Universidades de Harvard, MIT e Northeastern faz o uso de dispositivos portáteis chamados de sociômetros que capturam as pessoas próximas através de sinais de rádio: “Aqui, nós usamos ‘sociômetros’, que são dispositivos portáteis que usam um transmissor de rádio de alta frequência para avaliar a proximidade física com os outros, e um microfone para acompanhar o discurso, para coletar informações detalhadas sobre interações sociais dentro de contextos específicos” [8].

Os sociômetros ajudam nas pesquisas de interação humana, antes feitas através de relatos dos indivíduos: “A pesquisa sobre as interações sociais humanas tem tradicionalmente contado com auto-relatos. Apesar do uso generalizado, os auto-relatos de comportamento estão propensos a erros, sendo assim, reduzem a gama de comportamentos e o número de assuntos que podem ser estudados simultaneamente” [8].

O objetivo do trabalho é encontrar algumas diferenças entre os gêneros (masculino e feminino) em contextos diferentes: “Usamos esses sensores, sociômetros, para examinar gênero, loquacidade e estilo de interação em dois contextos diferentes” [8].

E. Análise dos Trabalhos

Assim como os trabalhos relacionados, o aplicativo SocialCount proposto neste trabalho reconhece pessoas próximas ao usuário e tem relação com os conceitos de interações face a face. A Fig. 4 demonstra algumas semelhanças e diferenças entre eles.

	Meio de reconhecimento de pessoas próximas	Rede Social	Considera os Interesses dos Usuários	Identifica Interações Sociais	Aplicativo Móvel
E-Shadow	Wi-Fi e Bluetooth	Sim	Não	Não	Sim
PMSN	Wi-Fi e Bluetooth	Sim	Sim	Não	Sim
Social Serendipity	ID Bluetooth, banco de dados e servidor	Sim	Sim	Não	Sim
Sociômetros	Sensores e microfone	Não	Não	Sim	Não
SocialCount	Bluetooth	Não	Não	Sim	Sim

Figura 4. Comparação entre os trabalhos relacionados e o SocialCount

O E-Shadow, o PMSN e o Social Serendipity são redes sociais com algumas diferenças entre si. Os dois primeiros são redes sociais locais que funcionam apenas com um aplicativo armazenado nos dispositivos e reconhecimento de pessoas próximas através de redes de distância limitada, como Wi-Fi e Bluetooth. Já o Social Serendipity, além do aplicativo instalado no dispositivo, utiliza o ID do Bluetooth, banco de dados e servidor para fazer a descoberta dos usuários próximos, tornando-se mais complexo.

O PMSN e o Social Serendipity, consideram não só a distância entre os usuários, mas também os interesses em comum que eles possuem. O PMSN através de granulação fina dos perfis de usuário e o Social Serendipity por meio de pontuação de semelhança dos perfis armazenados no banco de dados.

Diferente dos três primeiros trabalhos da tabela, o Sociômetro e o SocialCount não são redes sociais nem buscam promover a interação de pessoas próximas e com interesses em comum. A ideia do Sociômetro é reconhecer interações sociais para auxiliar em pesquisas. Já a ideia do SocialCount é fazer a contabilidade das interações realizadas com pessoas do convívio social do usuário e apresentar os resultados.

Os Sociômetros são dispositivos desenvolvidos para a percepção das interações humanas, eles são excelentes instrumentos para estudos e pesquisas, porém por ser um dispositivo a parte acaba tornando-se inviável para capturar as interações sociais no cotidiano do usuário.

O diferencial do SocialCount é que por ser um aplicativo móvel facilita a captura de interações no cotidiano, visto que o telefone celular está sempre a mão do usuário por possuir outras funcionalidades úteis para o seu dia a dia. Além disso, ele utiliza Bluetooth para reconhecimento de pessoas próximas, dispensando o uso de Wi-Fi e de toda infraestrutura e dificuldades que este sistema engloba, como por exemplo, a existência de uma rede no local onde o usuário está e a

conexão dos dispositivos dos usuários envolvidos na interação em uma mesma rede.

V. CONCLUSÕES

O objetivo geral deste artigo foi relatar o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de contabilizar e apresentar as interações sociais realizadas por um indivíduo. A ferramenta desenvolvida foi um aplicativo para o sistema operacional Android que será possivelmente utilizado para aprofundar os conhecimentos sobre a relação entre o indivíduo e a sociedade e assim, auxiliar nos estudos sobre a Teoria da Atividade Histórico-Cultural.

O aplicativo foi avaliado por alguns usuários e obteve êxito na maioria dos requisitos, algumas alterações poderão ser feitas em relação ao cadastro de endereços e ao consumo de bateria para otimizar o aplicativo.

Através de pesquisas sobre trabalhos relacionados foi possível perceber que o SocialCount é um aplicativo diferenciado, não só por sua simplicidade, mas também pela

sua principal funcionalidade: identificar e contabilizar interações através do uso de um smartphone.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] K. Kuutti, Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research. In: [S.l.: s.n.], 1996. p.17–44.
- [2] P. Sztompka, *The Sociology of Social Change*, 2002, p.107.
- [3] R. E. Park, E. W. Burgess, *Introduction to the Science of Sociology*, 1921, p. 339-346.
- [4] A. Kofod-Petersen, J. Cassens, J. Using activity theory to model context awareness. In: *Modeling and Retrieval of Context*. [S.l.]: Springer, 2006. p.1–17.
- [5] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, R, Zhang; Y. Zhang; Sun; Yan. E-Shadow: Lubricating Social Interaction using Mobile Phones, p. 1-10.
- [6] R. Zhang, Y. Zhang, J. Sun; G. Yan, *Fine-grained Private Matching for Proximity-based Mobile Social Networkin*, p.1-9.
- [7] N. Eagle, A. Pentland, *Social serendipity: Mobilizing Social Software.*, 2005, p.1-7.
- [8] J. Onnela; B. N. Waber; A. Pentland; S. Schnorf; D. Lazer. *Using sociometers to quantify social interaction patterns*, 2014, p.1-9.

Identificación Automática de Patrones Emocionales em Publicidad Audiovisual Mediante la Actividad Bioeléctrica Cerebral de un Individuo

Automatic Identification of Emotional Patterns in Audiovisual Advertising by Bioelectrical Brain Activity of an Individual

Eliana Jaramillo, Valentina Gómez, Alejandro Peña, Sergio Osuna, Lady Lopera

Grupo de Investigación en Ingeniería del Software y Modelamiento Computacional (GISMOC)

Grupo de Investigación en Gerencia, Calidad y Competitividad (GPC)

Escuela de Ingeniería de Antioquia - EIA

Envigado, Colombia

elianajp@outlook.com, valen932@hotmail.com, pfpapena@gmail.com, sergio.osuna@eia.edu.co, lady.lopera@eia.edu.co

Abstract — A diario el consumidor se ve expuesto a gran cantidad de mensajes publicitarios, sin embargo las empresas no tienen certeza de las emociones que dicha publicidad genera en él, dificultando la medición de su impacto. Entender al consumidor como el ente fundamental de una organización permite crear estrategias de mercadeo alineadas con las necesidades del cliente, sistemáticas, objetivas y coherentes para orientar correctamente el horizonte de una organización. En este artículo se desarrolla y analiza un sistema para evaluar la afinidad emocional que experimenta un individuo cuando se encuentra expuesto a una determinada publicidad audiovisual en términos de su actividad bioeléctrica cerebral (señales electroencefalográficas - EEG). El sistema integra una interfaz cerebro computador BCI, así como un conjunto de modelos vectoriales adaptables, los cuales llevan a cabo la identificación progresiva de patrones emocionales en publicidad audiovisual, a partir de una serie de patrones emocionales visuales de referencia aprendidos por los modelos, y definidos en términos de señales EEG. Los resultados arrojados por el sistema, muestran la efectividad y la flexibilidad que poseen los modelos vectoriales integrados para la identificación de patrones emocionales presentes en una publicidad audiovisual.

Keywords: *Patrones emocionales, inteligencia computacional, neuromarketing, señales electroencefalográficas EEG, modelos vectoriales, predisposición, afinidad emocional.*

Abstract — Every day the consumer is exposed to lots of advertising messages, however businesses are uncertain of the emotions that such advertising generates in it, making it difficult to measure its impact. Understanding the consumer as the main body of an organization can create marketing strategies aligned with customer needs, systematic, objective and consistent to correctly orient the horizon of an organization. This paper develops and analyzes a system to assess the emotional affinity that an individual experiences when it is exposed to a particular broadcast advertising in terms of their bioelectrical brain activity (EEG signals). The system integrates a brain interface computer BCI and a set of adaptive vector models, which carry out the progressive identification emotional patterns in audiovisual advertising, from a series of visual emotional patterns learned reference models, and defined in terms of EEG signals. Results from the system, show the effectiveness and flexibility that have the integrated vectorial models to identify emotional patterns present in an audiovisual advertising.

Keywords: *Emotional patterns, Computational intelligence, Neuromarketing, Electroencefalographic signals (EEG), vectorial models, vectorial models, emotional affinity.*

I. INTRODUCCIÓN.

A diario el consumidor recibe un promedio de 10.000 anuncios publicitarios, sin embargo las empresas no tienen certeza de las emociones que estos mensajes producen en él, o si estas emociones corresponden a lo que una marca desea transmitir. Este problema se ha abordado desde la investigación de mercados tradicional, lo cual no ha arrojado los resultados y la efectividad que se espera, debido principalmente a que dichas investigaciones están sujetas a la experiencia y criterio de quien las realiza, así como a las respuestas que transmite el consumidor de manera consciente que pueden ser influenciadas por aspectos culturales, familiares y del entorno [1].

El neuromarketing es definido como la aplicación de técnicas neurocientíficas para entender el comportamiento humano en relación con intercambios de mercadeo [2], y enlaza la neurociencia con el estudio del comportamiento del consumidor, ofreciendo métodos y herramientas para hacer un sondeo directo de la mente de los consumidores sin requerir su participación cognitiva consciente, lo que permite evaluar de forma objetiva la efectividad de los mensajes publicitarios [3].

El neuromarketing, es un campo promisorio de investigación por su aplicabilidad [2], ya que permite complementar con criterios cuantitativos la evaluación cualitativa que realizan las investigaciones de mercado, disminuyendo el grado de subjetividad que involucra comprender la naturaleza del consumidor y sus reacciones ante diversos estímulos presentes en la publicidad audiovisual. Esta disciplina integra la neurociencia y la psicología para comprender los pensamientos y conductas de los consumidores frente a las marcas, apoyándose en aspectos motivacionales que influyen la toma de decisiones [3], lo que brinda un panorama diferente del comportamiento del consumidor en términos de sus características neuropsicológicas, cognitivas y conductuales [4].

Dentro del neuromarketing se destacan diferentes tendencias de desarrollo. Una primera tendencia se centra en los modelos que tratan de explicar el proceso de toma de decisiones de los consumidores a partir de la clasificación de sus emociones mediante la utilización de métodos neurocientíficos. Aquí sobresalen estudios que intentan evaluar el nivel de involucramiento del sistema emocional de

una persona frente a logos de vehículos [4], los que evidencian el proceso dual de decisión basados en la razón y las emociones del consumidor frente a determinadas marcas [8], o técnicas de neuroimágenes que permiten observar la activación cerebral de un individuo momento de elegir marcas en góndolas virtuales [9].

Desde el modelamiento en el neuromarketing, se destacan estudios que utilizan Máquinas de Vector Soporte (MVS) para analizar y predecir los cambios en la actividad bioeléctrica cerebral de un individuo en un proceso de toma de decisiones de mercadeo [10], los que detectan la perplejidad de las expresiones faciales [11], o los modelos que son utilizados para el reconocimiento de emociones como disfrute, ira, tristeza, felicidad y relajación [9].

Otra tendencia de desarrollo dentro del neuromarketing, se centra en entender el proceso de decisión de los consumidores, en donde se destacan los trabajos que utilizan la resonancia magnética funcional (fMRI) para entender la dinámica temporal de las respuestas neuronales al escoger entre diferentes productos de consumo [13], para visualizar los procesos cognitivos en la evaluación de logos de marca [14], o los que exploran las correlaciones neuronales existentes en la percepción de ciertas marcas [15]. Entre las limitaciones que presenta esta técnica son su elevados costos y que es altamente invasiva, lo que la hace poco práctica para el desarrollo de estudios mercadológicos.

En este artículo se desarrolla y analiza un sistema para evaluar la afinidad emocional que experimenta un individuo cuando se encuentra expuesto a una determinada publicidad audiovisual, en términos de un conjunto de señales electroencefalográficas (Señales EEG) que registran su actividad bioeléctrica cerebral. Para tal efecto, el sistema incorpora una serie de modelos vectoriales adaptables basados en los principios de la inteligencia computacional, los cuales permiten la identificación progresiva de patrones emocionales en publicidad audiovisual (patrones dinámicos), a partir de una serie de patrones emocionales visuales de referencia (patrones estáticos) aprendidos por los modelos.

Los patrones emocionales visuales de referencia están definidos en términos de un conjunto de señales EEG que registran la actividad cerebral de una persona cuando esta se encuentra expuesta a una imagen por cortos períodos de tiempo (6 segundos). Las imágenes que definen cada uno de estos patrones, fueron seleccionadas del GAPED (*Geneva Affective Picture Database*), base de datos compuesta por un total de 730 imágenes, las cuales tienen por objeto inducir con certeza emociones básicas (alegría, ira, miedo, tristeza) en la personas a través de estímulos visuales [12]. Para la captura de las señales EEG, el modelo incorpora una interfaz cerebro computador (BCI) comercial de bajo costo compuesta por 16 electrodos, haciendo que los patrones de referencia queden definidos por las características promedio que exhiben dichas señales capturadas por cada electrodo, tanto en el dominio del tiempo como de la frecuencia (IC-fingerprint [17]).

Los resultados arrojados por el sistema mostraron la gran efectividad que presentan los modelos vectoriales frente a la identificación de patrones emocionales dinámicos, ya que permiten evaluar la afinidad emocional que experimenta un

individuo cuando se encuentra expuesto a un comercial de televisión en términos de un gráfico multidimensional que muestra la emoción dominante al exponerse al estímulo.

II. METODOLOGÍA.

A pesar del desarrollo que ha alcanzado la investigación de mercados en los últimos años, identificar la afinidad emocional experimentada por un individuo cuando se enfrenta a una publicidad visual o audiovisual, resulta una tarea compleja. Con el desarrollo de las BCI, la afinidad emocional tiene por objeto identificar las emociones básicas que experimenta un consumidor frente a una marca (alegría, ira, miedo, tristeza) en términos de las señales electroencefalográficas (EEG) que muestran su actividad bioeléctrica cerebral. Para tal efecto, se requiere de la construcción y de la identificación dinámica de patrones emocionales, por lo cual se propone la siguiente metodología.

A. Registro de la Actividad Cerebral

La actividad cerebral se define como una serie de eventos generados por pequeños cambios en la actividad bioeléctrica cerebral de una persona como resultado de una tarea cognitiva [17]. Las técnicas más utilizadas para el registro de esta actividad, se pueden clasificar en técnicas invasivas y técnicas no invasivas. Dentro de las técnicas no invasivas se destaca la electroencefalografía digital, la cual permite registrar una actividad cerebral en términos de una serie de señales llamadas electroencefalográficas (EEG), y que son capturadas mediante la utilización de Interfaces Cerebro Computador (BCI) a través de una serie de electrodos ubicados en la superficie del cráneo de un individuo [18]. A pesar de la existencia de técnicas más sofisticadas como la Resonancia Magnética Funcional (fMRI), las BCI poseen características que las hacen ideales para estudios mercadológicos en tiempo real, en donde se requiere accesibilidad, portabilidad, bajo costo y facilidad de uso [19].

Para la selección de la BCI utilizada para este estudio, se hizo una amplia revisión de los diferentes tipos de *headsets* o *mindsets* disponibles en el mercado, entre los que se encuentran diferentes fabricantes como Emotiv, Neurosky y Neuroelectrics. Cada una de estas BCI fue evaluada teniendo en cuenta criterios técnicos como número de canales, acceso a las señales EEG y precio de mercado como se detalla en Arango et al. [20], y Velásquez et al. [21].

B. Selección de patrones visuales.

Para la construcción de los patrones emocionales visuales (patrones estáticos) se seleccionó un conjunto de imágenes de referencia de la base de datos del *Geneva Affective Picture Database (GAPED)* y el *Swiss National Center of Compbbbetence in Research (Affective Sciences)*. Esta base de datos está compuesta por un total 730 imágenes, y tienen como objetivo servir de referencia para la identificación de emociones en las personas [16]. Las imágenes están agrupadas en cuatro emociones básicas: alegría, ira, miedo y tristeza. Para la construcción del modelo estático se seleccionaron 34 imágenes: 10 imágenes para ira, 13 imágenes para tristeza, 4 imágenes para miedo y 7 imágenes para alegría. Cada patrón emocional está compuesto

las señales que registra un individuo al estar expuesto por un periodo de 6 segundos a una imagen.

C. Construcción de patrones emocionales visuales.

De acuerdo con el número y disposición de los electrodos que componen la BCI seleccionada, se procedió a la construcción de los patrones emocionales visuales, en términos de las características básicas que describen las señales EEG por electrodo en el dominio del tiempo y de la frecuencia. Cada una de las señales EEG fueron sometidas a un preprocesamiento mediante la utilización del toolbox EEGlab de MATLAB, el cual fue desarrollado por el Centro Swartz para la Neurociencia Computacional (SCCN) [22]. De esta manera, un patrón emocional está definido en términos de las características principales de las señales EEG en el dominio del tiempo y de la frecuencia (IC-fingerprint) [23].

D. Desarrollo del Modelo de Clasificación.

Para el desarrollo del sistema, se procedió a la integración de un modelo general inspirado en la estructura de una máquina de vector soporte (MVS) como se muestra en la Figura 1

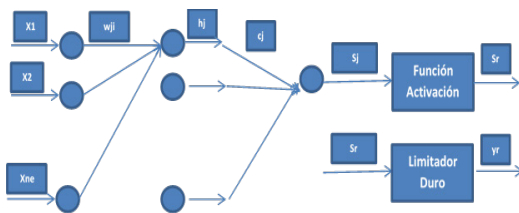


Figura 1 Estructura general del modelo de identificación integrado al sistema.

$$h_j = w_{ji} \cdot x_i, s_j = c_j \cdot h_j, s_r = f_A(s_j), yr = f_{LD}(s_r) \quad (1)$$

$$e_k = y_d - y_r \quad (2)$$

Donde:

x_i : Vector de características de las señales EEG que conforman un patrón emocional.

w_{ji} : Pesos de conexión entre las entradas y la estructura del modelo vectorial.

h_j : Representa el producto punto entre el vector de entrada cada uno de los elementos que conforman la estructura interna del modelo vectorial de identificación.

$f_A(s_j)$: Indica la función de activación que permite la clasificación de los patrones emocionales.

s_r : Indica la salida de la función de activación.

$j = 1, 2, \dots, no$: Número de elementos que conforman la estructura interna del modelo.

$i = 1, 2, \dots, ne$: Número de entradas o características que conforman un patrón emocional.

y_d : Representa el vector de salida o vector de referencia para el aprendizaje. Este vector está definido por un conjunto de valores asociados con un patrón emocional.

Para la identificación de diferentes emociones, se procedió a la supresión de la función limitador duro y a la utilización de

tres funciones de activación que permiten desarrollar una identificación multidimensional. Igualmente, se establecen dos estrategias para fijar una diferenciación entre los patrones emocionales, como son el escalamiento inverso y la corrección de la línea base.

1) Función de activación por muestreo estocástico:

Esta función está definida por cuatro conjuntos pseudoborrosos definidos en el intervalo (0,1), en donde cada uno de ellos posee una media (μ) y una varianza (σ^2) asociada con cada una de las emociones que definen los patrones emocionales base como son: alegría, ira, miedo y tristeza.

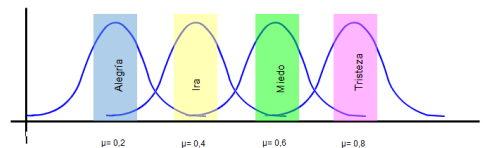


Figura 2 Conjuntos pseudoborrosos asociados con cada una de las emociones básicas definidas para la identificación.

2) Función de activación por franjas logísticas:

Este modelo está definido por la estructura de una función logística general, la cual asigna un valor de probabilidad para la identificación de un patrón emocional. Aquí, cada uno de los patrones tiene asociada una probabilidad de acuerdo con una serie de franjas definidas sobre esta función.

La función de activación general para el modelo vectorial por franjas logísticas se denota y define [21]:

$$S_r = \frac{1}{1 + e^{-\alpha \cdot (s_j - \beta)}} \quad (3)$$

Donde:

S_r : Indica la probabilidad asociada con la identificación de un patrón de predisposición.

α : Indica el factor de plasticidad de la función logística.

β : Indica el desplazamiento del punto de corte del con el eje y.

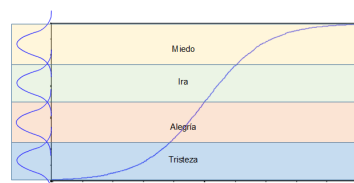


Figura 3 Modelo logístico general por franjas de probabilidad para la identificación de patrones emocionales.

3) Estrategia de Transformación por escalamiento inverso:

Para lograr una clara diferenciación entre los patrones emocionales, se procedió a llevar un escalamiento tanto de los valores de entrada como de salida, en donde $k_1 = 1, 2, 3, 4$ permite el escalamiento de los valores de entrada (x_i), mientras que $k_2 = 4, 3, 2, 1$, permite el escalamiento inverso del valor de salida y_{d_k} para cada vector [25]. De acuerdo con

lo anterior, la pertenencia de un patrón audiovisual a los patrones emocionales visuales de referencia debe cumplir con la siguiente relación:

$$\frac{c_j h_j}{y_{dk}} - \frac{k_2}{4k_1} = 0 \quad (4)$$

De acuerdo con la estructura general del modelo de identificación, la configuración y aprendizaje se hizo por aprendizaje supervisado basado la Regla Delta Generalizada [13], el cual se denota y define:

$$w_{ji,k+1} = w_{ji,k} + \alpha \cdot \frac{\partial e_k^2}{\partial w_{ji,k}} \quad (5)$$

Donde:

α : Representa el factor de aprendizaje o de relajación del aprendizaje.

e_k^2 : Indica el error cuadrático medio, el cual se denota y define

$$e_k^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{np} (y_{dk} - y_{rk})^2 \quad (6)$$

Donde:

np : Indica el número de patrones emocionales disponibles para el aprendizaje.

4) Estrategia por corrección de la línea base:

Debido a la presencia de alteraciones biológicas, ruidos o movimientos en las señales EEG que conforman un patrón emocional, se procedió a la obtención de la línea base de las señales mediante la exclusión de las tendencias tanto ascendentes como descendentes [26].

E. Metodología para la identificación de patrones emocionales en publicidad audiovisual.

La publicidad audiovisual es un proceso continuo, en el cual existe un intercambio de mensajes a través de un sistema sonoro y/o visual para dar a conocer una marca o producto. La forma más común de publicidad audiovisual se da a través de comerciales de televisión. Es por esto que para la identificación progresiva de patrones emocionales visuales en publicidad audiovisual, se establece una estrategia de ventaneo por períodos de tiempo de 6 segundos sobre la totalidad del tiempo que dura un comercial de televisión, esto con el fin de equiparar los patrones estáticos con los patrones dinámicos, como se muestran en la Figura 4.

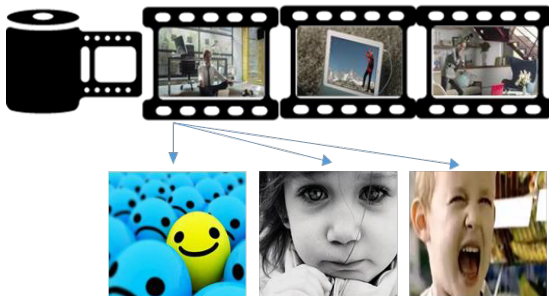


Figura 4 Estrategia de patrones emocionales (patrones dinámicos) en publicidad audiovisual, en términos de patrones emocionales visuales (patrones estáticos)

Para evitar la pérdida de información entre ventanas, se establece un solapamiento de 3 segundos, de esta manera un comercial de televisión con una duración de 30 segundos, tiene un total de 30 ventanas o patrones emocionales.

F. Materiales y Métodos.

Para la identificación y evaluación de la afinidad emocional en publicidad audiovisual se tuvieron en cuenta dos etapas: una primera etapa de configuración y análisis, y una segunda etapa de validación. Para la primera etapa se utilizaron un total de 3 modelos vectoriales adaptativos y 2 estrategias de clasificación multidimensional, así como un total de 14 sujetos, los cuales fueron expuestos a 24 imágenes patrón divididas en cuatro grupos por emoción, lográndose un total de 336 patrones emocionales visuales o *IC-fingerprints*. Del total de los datos se tomaron aleatoriamente 168 *IC-fingerprints* para la configuración y aprendizaje, mientras que los 168 *IC-fingerprints* restantes fueron utilizados para la validación intramuestral de los modelos (Figura 5).

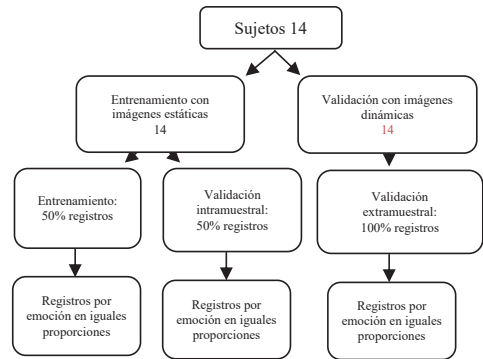


Figura 5 Diseño de experimentos para evaluar la afinidad emocional en publicidad audiovisual.

Para la primera etapa (configuración y análisis), se estableció como índice de desempeño el índice de correlación (IOA), el cual mide la correlación existente entre los valores de referencia asociados con cada patrón, y los valores arrojados por cada uno de los modelos propuestos en la identificación. Para evaluar la calidad de la correlación, se estableció como indicador el error cuadrático medio (ERS). Para la validación del sistema frente a la evaluación de la afinidad emocional en su segunda etapa, como se muestra en la Tabla 3, se tomó un total de 14 individuos y 4 comerciales de televisión representativos de una emoción en particular. Cada uno de los comerciales tuvo una duración variable, y que de acuerdo con la estrategia de ventaneo se tiene la siguiente estructura de datos para la validación de los modelos:

Tabla 1 Número de ventanas (patrones emocionales dinámicos) utilizadas para la validación general del sistema.

Comercial	Alegría	Ira	Miedo	Tristeza
t (s)	24	15	42	32
Ventanas	7	4	13	10
Individuos	14	14	14	14
Total Ventanas	98	56	182	140

<i>Franjas Logísticas</i>	0.94606	0.91631	34.12450
<i>Traslación Logística</i>	0.98322	0.90964	2.68971
<i>Eliminación Línea Base</i>	0.93792	0.90622	25.34560
<i>SOM</i>	-0.89231	-0.87906	56.15680

Para establecer la emoción de referencia que produce un comercial, cada individuo hizo una evaluación *a posteriori* de cada uno de los comerciales, con el fin de establecer una afinidad de referencia. La afinidad emocional fue evaluada en términos de la emoción dominante presente en la totalidad de las ventanas que conforman cada comercial.

Igualmente, el sistema fue evaluado mediante la utilización de un modelo de clasificación multidimensional basado en la estructura de un *Self Organizing Map* [30].

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Con el fin de obtener la mayor información de las señales EEG con la mejor resolución posible, se logró evidenciar que el *headset* más apropiado es el Emotiv EEG. Esta BCI dispone de un total de 14 electrodos que se ubican en la superficie del cráneo de un sujeto. Los electrodos pueden responder a diferentes distribuciones entre las que se destacan: la distribución Illinois, Montreal, Aird, Cohn, Lennox, Merlis, Oastaut, Schwab y Marshall. Sin embargo, la distribución más común y aceptada internacionalmente es la disposición basada en el sistema internacional "*Diez-Veinte*" [23].

De acuerdo con la BCI, la estructura de cada patrón emocional visual como audiovisual, está definido por un vector conformado por 9 componentes (características de las señales EEG en el dominio del tiempo y de la frecuencia) configurando un *IC-fingerprint* como se muestra en la Figura 6.

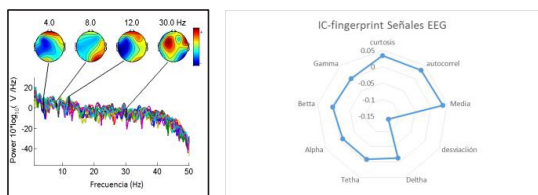


Figura 6 Patrón emocional visual en términos de las características que describen las señales EEG (*IC-fingerprint*)

Los resultados arrojados por los modelos propuestos y las estrategias de clasificación utilizadas en la etapa de configuración y análisis de los modelos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Comportamiento de los modelos vectoriales multidimensionales en la etapa de configuración y aprendizaje.

	<i>IOA E1</i>	<i>IOA E2</i>	<i>ERS</i>
<i>Conjuntos Borrosos</i>	0.97641	0.88360	20.14560
<i>Escala Inverso</i>	0.94892	0.89763	50.13450

En la Tabla 2 se puede observar que el modelo por conjuntos borrosos fue el que logró los mejores resultados en la primera etapa, seguido de la estrategia de clasificación por escalamiento inverso. Sin embargo, el modelo por franjas logísticas fue el que logró los mayores niveles de correlación para ambas etapas, en donde la traslación de la función logística mejoró su desempeño, lo que corrobora el grado de autonomía que puede tener el modelo frente a la identificación de patrones emocionales en publicidad audiovisual. El modelo SOM arrojó un índice IOA de -0.88568, lo que indica que estableció una buena relación entre los patrones de referencia y los patrones de validación. Sin embargo, este modelo tuvo un error bastante alto ($ERS= 56.1568$), lo que indica que a pesar de la proporcionalidad entre los patrones, estos se encuentran muy alejados espacialmente.

Los resultados arrojados por la encuesta realizada *a posteriori* a cada uno de los individuos frente a la emoción general que le produce cada comercial de televisión seleccionado para este estudio se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Resultados arrojados por la encuesta realizada a cada uno de los individuos participantes de la validación extramuestral del modelo frente a la emoción general que genera cada comercial.

Comercial	Alegría	Ira	Miedo	Tristeza	Otros	Total Indiv.
1 (Ira)	3	8	0	0	3	14
2 (Miedo)	0	0	8	6	0	14
3 (Alegría)	7	1	1	1	4	14
4 (Tristeza)	0	0	0	8	6	14

De acuerdo con la Tabla 3, las encuestas mostraron que 7 de las 14 personas que vieron el comercial de alegría coincidieron exactamente en que esta fue la emoción dominante para el comercial. Para el caso del comercial de ira, aunque la mayoría de los encuestados afirma que sintió ira o desesperación, también expresaron risa y sorpresa, mientras que para el comercial de miedo, se encontró que no fue tan clara la emoción generada, ya que varios de los espectadores expresaron sentir tristeza. El comercial de tristeza logró los mayores valores de predominancia, debido principalmente a que la tristeza fue asociada con otras sensaciones como amor y ternura, dado el vínculo que crea una persona por el tema de la entrega familiar y la inocencia de los niños.

Tabla 4 Resultados arrojados por el modelo propuesto frente a la identificación de patrones emocionales en cada una de las ventanas presentes en los comerciales seleccionados.

	Alegría	Ira	Miedo	Tristeza	Otras	Total
Alegría	40	23	17	5	13	98
Ira	29	66	4	15	26	140

Miedo	3	3	32	3	15	56
Tristeza	29	2	11	82	58	182

En la

Tabla 4 se puede observar que el modelo logró porcentajes de reconocimiento cercanos al 50% para cada una de las emociones. Estos porcentajes se dan principalmente porque a pesar de que un comercial tiene asociada una emoción general, al interior de cada uno de los comerciales pueden coexistir ventanas asociadas con otras emociones diferentes. Sin embargo, el porcentaje restante al reconocimiento, se reparte entre las demás emociones, lo que muestra que el modelo es capaz de identificar una emoción predominante en un comercial.

IV. CONCLUSIONES

El sistema propuesto permitió evaluar la afinidad emocional en términos de la actividad bioeléctrica cerebral que registra un individuo cuando se encuentra al frente de una determinada publicidad audiovisual, logrando equiparar de forma temporal patrones emocionales visuales (patrones estáticos) con patrones emocionales dinámicos presentes en publicidad audiovisual, extendiendo el comportamiento del modelo de una clasificación bidimensional, a una clasificación multidimensional definida por las emociones de referencia.

Para mejorar la evaluación de la afinidad emocional en publicidad audiovisual, se hace necesario definir patrones audiovisuales, determinados por la actividad cerebral que registra un individuo para una ventana temporal que conforma una publicidad audiovisual. Esto evitará la pérdida de información asociada con la proyección de un patrón emocional visual sobre un patrón emocional audiovisual en la identificación de la afinidad. Es de anotar que un patrón audiovisual está compuesto por un conjunto de iconografías y sonidos en continuo movimiento e interacción, que requieren del uso complementario de varios sentidos, a diferencia de los patrones visuales que de forma general solo involucran el sentido de la vista.

La estrategia de escalamiento inverso, y de traslación y deformación de la función logística, permitió mejorar el comportamiento del sistema frente a la identificación, debido principalmente a la similitud que presentan estos patrones en términos de las características que definen cada una de las señales EEG que conforman un patrón emocional. Para lograr igualmente una mayor efectividad en la identificación, fue necesario la utilización de la transformada de Weibull, esto con el fin de acentuar características específicas en la estructura de los patrones.

V. REFERENCIAS

- [1] A. C. León , "El Neuromarketing: La Llave De La Caja De Pandora," 2010.
- [2] Z. Eser, F. Isin and M. Tolon, "Perceptions of marketing academics, neurologists and marketing professionals about neuromarketing," *Journal of Marketing Management*, vol. 27, no. 7-8, pp. 854-868, 2011.
- [3] C. Morin, "Neuromarketing: The new science of consumer behavior," *Society* , vol. 48, no. 2, pp. 131-135, 2011.
- [4] A. Ferrer, "Neuromarketing, | la tangibilización de las emociones," 2009.
- [5] M. Fernandes and L. R. Copelli, vol. 3, pp. 265-272, 2014.
- [6] N. Braidot, "Neuromarketing En Acción," p. 234, 2011.
- [7] M. Schaefer, H. Berens, H.-J. Heinze and M. Rotte, "Neural correlates of culturally familiar brands of car manufacturers," *Neuroimage*, vol. 31, no. 2, pp. 861-865, 2006.
- [8] H. Plassmann, P. Kenning, M. Deppe, H. Kugel and W. Schwindt, "How choice ambiguity modulates activity in brain areas representing brand preference: evidence from consumer neuroscience," *Journal of Consumer Behaviour*, vol. 7, pp. 360-367, 2008.
- [9] T. Ambler, S. Braeutigam, J. Stins, S. Rose and S. Swithenby, "Salience and Choice: Neural Correlates of Shopping Decisions," *Psychology & Marketing*, vol. 21, no. 4, pp. 247-261, 2004.
- [10] D. Cui and D. Curry, "Prediction in Marketing Using the Support Vector Machine," *Marketing Science*, vol. 24, no. 4, pp. 595-615, 2005.
- [11] J. Wang, X. Ma, J. Sun, Z. Zhao and Y. Zhu, "Puzzlement Detection from Facial Expression Using Active Appearance Models and Support Vector Machines," *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition*, vol. 7, no. 5, pp. 349-360, 2014.
- [12] K. Takahashi, "Remarks on emotion recognition from multi-modal biopotential signals," *2004 IEEE International Conference on Industrial Technology, 2004. IEEE ICIT '04.*, vol. 3, pp. 186-191, 2004.
- [13] S. Braeutigam, S. P. R. Rose, S. J. Swithenby and T. Ambler, "The distributed neuronal systems supporting choice-making in real-life situations: differences between men and women when choosing groceries detected using magnetoencephalography," *European Journal of Neuroscience*, vol. 20, no. 1, pp. 293-302, 2004.
- [14] J. Santos and L. Moutinho, "Tackling the cognitive processes of brands using artificial neural networks and whole brain fMRI acquisitions," in *IEEE International Workshop on Pattern Recognition in Neuroimaging PRNI 2011*, Seoul, Korea, 2011.
- [15] J. P. Santos, L. Moutinho, D. Seixas and S. Brandao, "Neural correlates of the emotional and symbolic content of brands: A neuroimaging study," *Journal of Customer Behaviour*, vol. 11, no. 1, pp. 69-93, 2012.
- [16] E. S. Dan-Glauer and K. R. Scherer, "The Geneva Affective PicturE Database (GAPED): a new 730-picture database focusing on valence and normative significance," *Behavior Research Methods*, pp. 468-477, 2011.
- [17] F. De Martino, F. Gentile, F. Esposito, M. Balsi, F. Di Salle, R. Goebel and E. Formisano, "Classification of fMRI independent components using IC-fingerprints and support vector machine classifiers," *NeuroImage*, 2006.
- [18] T. C. Handy, *Event-Related Potentials A Methods Handbooks*, Cambridge: MIT Press, 2005.
- [19] A. Deak, "Brain and emotion: Cognitive neuroscience of emotions," *Review of Psychology*, pp. 71-80, 2011.
- [20] S. D. Guevara Mosquera, "Adquisición de señales electroencefalográficas para el movimiento de un prototipo de silla de ruedas en un sistema BCI," Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca, 2012.
- [21] J. Arango , J. Cárdenas and A. Peña, "Sistema para Rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando Interfaz Cerebro-Computador y Realidad Aumentada," *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*, no. 11, pp. 93-106, 2013, doi:10.4304/risti.11.93-106.
- [22] E. Velasquez, A. Cardona and A. Peña, "Modelo vectorial para la inferencia del estado cognitivo en pacientes en estados derivados del coma," *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información RISTI*, no. 13, pp. 65-81, 2014, doi:10.4304/risti.13.65-81.
- [23] S. C. f. C. Neuroscience, "EEGLAB," 2014. [Online]. Available: <http://sccn.ucsd.edu/eeglab/>.
- [24] P. Isasi, *Redes de Neuronas Artificiales - Un enfoque práctico*, 2004.
- [25] J. P. Lucas , "Métodos de clasificación basados en asociación aplicados a sistemas de recomendación," *Tesis doctoral Universidad de Salamanca*, 2010.

- [26] A. Delorme, T. Fernsler, H. Serby and S. Makeig, "EEGLAB Tutorial," *University of San Diego California*, 2006.
- [27] A. Peña P. , J. Hernández R. and R. Jiménez P. , "Construction of Concentration Surfaces PMx using Fuzzy Neural models of Semiphysical Class," in *Spatial Statistics*, Columbus, Ohio , 2013.
- [28] Z. S. Hippe, J. L. Kulikowski and T. Mroczek, *Human – Computer Systems Interaction: Backgrounds and Applications Vol.2*, Rzeszów, Polonia: Springer, 2012.
- [29] E. Velásquez, A. Cardona and A. Peña , "Modelo Vectorial para la Inferencia del Estado Cognitivo de Pacientes en Estados Derivados del Coma," *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información - RISTI*, vol. 13, pp. 65-81, 2014, ISSN: 1646-9895.
- [30] J. Arango, M. Cardenas and A. Peña , "Sistema para la rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando una Interfaz Cerebro Computador y Realidad Aumentada," *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, vol. 11, pp. 93-106, 2013, ISSN:1646-9895.
- [31] Y. C. Tong , E. San San and M. Rizon , "Classification of Human Emotions form EEG Signals using Statistical Features and Neural Network," *International Journal of Integrated Engineering* , vol. 1, no. 3, pp. 71-80, 2009.
- [32] S. Koeneke, A. F. Pedroni, A. Dieckmann, V. Bosch and L. Jäncke, "Individual preferences modulate incentive values: Evidence from functional MRI," *Behavioral and Brain Functions*, vol. 4, no. 55, 2008.
- [33] C. Su Ryu, S. Hee Park and S. Hwan Kim, "Method for determining positive and negativve emotional states by electroencephalogram (EEG)," 2000.
- [34] M. Hagiwara and K. Ishino, "A feeling estimation system using a simple electroencephalograph." vol. 5, pp. 4204 -4209, 2003.

Modelo Vectorial por Adaptación Progresiva para la Compra y Venta de Acciones Utilizando Indicadores Bursátiles

Vectorial Model for Progressive Adaptation for Purchase and Sale of Shares Using Stock Market Indicators

Alejandro Peña P., Felipe Gómez, Juan M. Vélez

Grupo de Investigación en Ingeniería del Software y Modelamiento Computacional (GISMOC)

Escuela de Ingeniería de Antioquia - EIA

Envigado, Colombia

pjapena@gmail.com, felipegomsan@gmail.com, jmvelez92@gmail.com

Abstract — Las acciones son consideradas como parte fundamental del mercado de renta variable, ya que sus valores cambian con el tiempo como consecuencia de la oferta y la demanda, y por efecto de la volatilidad de los mercados. Esta volatilidad hace que la negociación de acciones en un mercado bursátil sea una tarea extremadamente difícil. Es por esto que en este artículo se desarrolla y analiza un sistema para la negociación automática de acciones, el cual incorpora una serie de modelos vectoriales por aprendizaje progresivo inspirado en la estructura de una máquina de vector soporte. Para la configuración de la estructura general del modelo, se utilizaron una serie de indicadores bursátiles utilizados por los inversionistas para fijar posiciones de compra y venta, mientras que el aprendizaje el modelo utilizó una estrategia negociación secuencial sobre cinco acciones diferentes inscritas en la bolsa de valores de Colombia, y en donde el aprendizaje estuvo guiado por las posiciones de compra y venta que iban fijando cada uno de los indicadores bursátiles de entrada. Los resultados arrojados por el sistema, mostraron la rentabilidad que el modelo iba logrando en la negociación como consecuencia del avance en el aprendizaje que cada uno de los modelos iba logrando a lo largo de la secuencia de acciones utilizadas para este estudio, haciendo el sistema cada vez más robusto, lo que lo hace ideal para la negociación de acciones basada en indicadores bursátiles.

Keywords: *Inteligencia computacional, aprendizaje progresivo, redes neuronales, modelos vectoriales, mercado accionario, Máquinas de Vector Soporte*

Abstract — *The shares are considered as a fundamental part of the equity market, as their values change over time as a result of offer and demand, and the effect of market volatility. This volatility makes the trading of shares on a stock exchange is an extremely difficult task. That is why in this article develops and analyzes a system for automatic trading shares, which incorporates a series of progressive learning vector models inspired by the structure of a support vector machine. For the configuration of the overall structure of the model, a number of stock market indicators used by investors to establish positions for buying and selling, were used while learning the model used a sequential negotiation strategy on five different shares listed on the stock exchange of Colombia, and where learning was guided by buying and selling positions that were setting each input stock market indicators. Results from the system showed the profitability that the model was achieved in the negotiation as a result of progress in learning that each of the models was achieved along the sequence of actions used for this study, making the system each more robust time, which makes it ideal for trading shares based on stock indexes.*

Keywords: *Computational intelligence, Progressive learning, Neural Networks, Vectorial models, Shares, Support Vector Machines (MSV)*

I. INTRODUCCIÓN.

Entender el comportamiento del mercado accionario es una labor de vital importancia a la hora de la estimación del grado de inversión de un país, ya que muchos de los cambios que experimentan los mercados a nivel mundial, afectan de una u otra manera el entorno macroeconómico de un país [1]. Dentro un entorno macroeconómico, las acciones son consideradas como parte fundamental del mercado de renta variable, ya que el valor de las acciones va cambiando con el tiempo como consecuencia de la oferta y demanda, así como por efecto de la volatilidad de los mercados. Esta volatilidad, hace que la negociación de acciones en un mercado bursátil sea extremadamente compleja, especialmente para mercados muy especulativos tal y como se presenta en economías emergentes.

Para reducir tal incertidumbre y el riesgo que implica la negociación de acciones en un mercado bursátil, diferentes autores han desarrollado diversos modelos y metodologías que ayudan al pronóstico y la predicción del comportamiento de series temporales que describen una acción. Entre estos modelos y metodologías se destacan los que utilizan conceptos propios de la inteligencia computacional para el pronóstico de los comportamientos del mercado accionario, así como robots que realizan operaciones de compra y venta automática de acciones [2].

Dentro de este marco de referencia, se destaca una primera tendencia de desarrollo, la cual se centra en la construcción de modelos neuronales utilizados para el pronóstico y la predicción de la divisa EUR/USD en el mercado FOREX, en donde las redes neuronales toman en cuenta conceptos de análisis de correlación tradicional para estimar los posibles errores a futuro en la negociación [3], las máquinas de vector soporte y modelos GARCH basados en S&P500 para la negociación de acciones en mercados con alta volatilidad [4], o las Máquinas de Vector Soporte (MVS) utilizadas para la identificación de índices bursátiles que permitan evaluar el nivel de riesgo de un inversionista de acuerdo con los cambios que presenta el IBEX-35 [5].

Una segunda tendencia se centra en la construcción de *Expert advisors* basados en índices bursátiles, los cuales son programas que realizan operaciones de trade de forma automática. En esta tendencia se destacan las redes neuronales que utilizan diferentes estructuras para la negociación de acciones mediante la utilización de datos históricos 20 días atrás para divisas EUR/USD, GBP/USD [6], los modelos que permiten identificar señales de inversión mediante la utilización de índices de tolerancia al riesgo como apoyo a la toma de decisiones de compra y venta de acciones de acuerdo con la evolución de los principales índices bursátiles europeos basados en la herramienta de Google Insights [7], o los modelos que permiten predecir a través de indicadores de entrada, la salud financiera y el riesgo de solvencia de las empresas con el fin de apoyar la participación de inversionistas en el mercado de valores [8].

En una tercera tendencia se destacan los modelos de pronóstico y negociación que integran una o más técnicas basadas en los principios de la inteligencia computacional, entre las que se destacan los modelos de redes neuronales que basan su aprendizaje en PSO (Particle Swarm Optimization) para determinar los rangos entre los cuales puede fluctuar una divisa [9], los modelos que integran redes neuronales y árboles de decisión para la toma de decisiones de negociación [10], los modelos neuronales que basan su estructura en los conceptos teóricos que definen un modelo ARIMA para el pronóstico de una acción [11], los modelos basados en redes neuronales que utilizan técnicas o de suavizamiento exponencial para el pronóstico en términos del comportamiento de una divisa [12]. Dentro de esta tendencia se destaca un modelo basado en el mapeo caótico del comportamiento de una acción mediante un algoritmo luciérnaga y un vector de regresión de apoyo (SVR), logrando a partir de la dinámica del espacio la optimización de parámetros para el pronóstico de dicha acción [13].

De acuerdo con lo anterior se puede observar el gran potencial que tienen los modelos y metodologías basados en los principios de la inteligencia computacional para el pronóstico y la negociación de divisas y acciones en mercados bursátiles a nivel internacional. Es por esto que en este artículo se propone un sistema computacional para la negociación automática de acciones mediante indicadores bursátiles, el cual integra un modelo vectorial general flexible inspirado en la estructura de una máquina de vector soporte (MVS), en donde las entradas al modelo están definidas por cuatro indicadores bursátiles: RSI, MACD, OE y BB, mientras que las salidas están definidas en términos de las posiciones neutras, así como posiciones de compra y venta frente que guían la negociación y en general el aprendizaje del modelo.

Para el análisis y la validación del sistema se tomaron cinco acciones provenientes de diferentes sectores de la economía que participan en el mercado de la bolsa de valores de Colombia (Argos, Bancolombia, Ecopetrol, Isagen, SURA), las cuales conformaron una secuencia de negociación, así como cinco modelos vectoriales con diferentes estructuras que permitirán evaluar en una primera etapa la potencialidad

de cada modelo frente a la negociación *off-line* de cada acción teniendo en cuenta los indicadores descritos anteriormente. En una segunda etapa se hará la validación dinámica secuencial del sistema, en donde cada uno de los modelos hará una negociación progresiva por adaptación sobre cada una de las acciones de la secuencia, y en donde su comportamiento será evaluado en términos del cambio de la rentabilidad lograda por el sistema a lo largo de la secuencia.

II. METODOLOGÍA.

Las acciones son títulos de derechos que adquiere el público y representan la participación de un inversionista en el patrimonio de una empresa. Dichos activos se transan en las bolsas de valores, y constituyen una forma en la cual las empresas se pueden financiar para poder llevar a cabo sus inversiones y proyectos que no se ajustan a su capacidad económica [1].

Las acciones hacen parte de un mercado de gran incertidumbre conocido como mercado renta variable, en donde los precios de las acciones van cambiando con el tiempo como consecuencia de la oferta y demanda, así como de la volatilidad de los mercados. Este comportamiento puede llevar a la toma de decisiones erróneas frente a la compra y venta de acciones en un mercado bursátil, especialmente en mercados tan volátiles como se presentan en las economías emergentes [1]. Para la negociación de acciones en estos mercados, el pronóstico y la predicción del comportamiento de una acción no es suficiente, por lo que además del pronóstico, un sistema de negociación debe incorporar indicadores financieros con el fin de reducir los riesgos inherentes al comportamiento humano frente a dicha negociación [14]. Es por esto que se propone un sistema vectorial adaptativo basado en los principios de la inteligencia computacional para la negociación automática de acciones o divisas mediante la utilización de indicadores bursátiles.

A. Caso de estudio.

Para el análisis y la validación del sistema de negociación propuesto, se seleccionaron un total de cinco acciones asociadas con cinco empresas que cotizan en la Bolsa de Valores Colombiana y que provienen de diferentes sectores de la economía como son: ARGOS, Bancolombia, Ecopetrol, ISAGEN y SURA, ARGOS. Cada una de estas acciones presenta diferentes comportamientos a lo largo del tiempo que son representativos del mercado de valores colombiano.

Cada una de las series de tiempo fue obtenida de la plataforma Boolmberg, y tuvieron una periodicidad intradía comprendida entre el día 01/06/2015 y el 01/12/2015, arrojando un total de 1140 datos por acción. Esta periodicidad fue seleccionada con el fin de evidenciar el comportamiento del sistema frente a la negociación para un periodo de tiempo relativamente extenso por acción.

Para la validación general del sistema, se estableció una estructura secuencial para las series de tiempo, iniciando con la acción de Ecopetrol, y continuando con las acciones de Sura, Bancolombia, Argos e Isagen. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de la acción de Ecopetrol durante este periodo de tiempo.

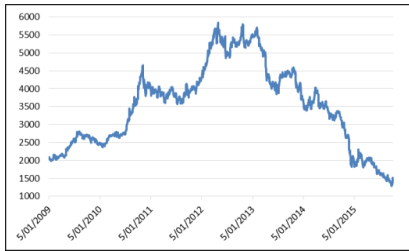


Figura 1 Comportamiento de la acción de ECOPEL en la Bolsa de Valores de Colombia (BVC).

B. Desarrollo del modelo.

El sistema automático de negociación, integra un modelo vectorial general inspirado en la estructura de una máquina de vector soporte (MVS) como se muestra en la Figura 2.

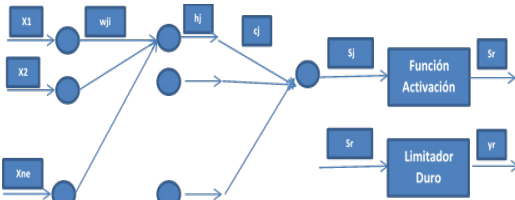


Figura 2 Estructura general del modelo vectorial que integra el sistema de negociación.

$$h_j = w_{ji} \cdot x_i, \quad s_j = c_j \cdot h_j, \quad s_r = f_A(s_j), \quad yr = f_{LD}(Sr) \quad (1)$$

Donde:

x_i : Vector de entrada compuesto por los indicadores que permiten llevar a cabo una negociación en un mercado accionario o de divisas. Este vector está compuesto por los siguientes indicadores:

1) Indicador MACD.

El indicador MACD (*Moving Average Convergence Divergence*), Es un indicador usado no solo para identificar las tendencias de una acción o divisa, sino que también sirve para identificar que tanta fuerza tiene dicha tendencia. Este indicador es de tipo oscilador, ya que muestra la diferencia entre una media móvil exponencial rápida y una lenta, y sirve para determinar cambios en la tendencia de una acción o divisa en el corto plazo [15].

2) Indicador RSI (*Relative Strength Index*).

Es un indicador de tipo oscilador que muestra la fuerza que tiene el precio de una acción o divisa. Este indicador se construye por medio de la comparación de los movimientos individuales al alza o a la baja de los precios sucesivos de una acción o divisa [16].

3) Oscilador Estocástico.

Es un indicador técnico que muestra la ubicación del precio de cierre de una acción o divisa con respecto al rango entre el máximo y el mínimo de dicha acción o divisa durante una serie de periodos de tiempo [17].

4) Bandas de Bollinger.

Es un indicador que refleja los cambios corrientes en la volatilidad del mercado, confirmando la dirección sobre la posible continuación de una tendencia o consolidación de un precio teniendo en cuenta la volatilidad, así como los máximos y mínimos locales [18].

w_{ji} : Pesos de conexión entre las entradas y la estructura del modelo vectorial.

h_j : Representa el producto punto entre el vector de indicadores y cada uno de los elementos que conforman la estructura interna del modelo vectorial.

s_r : Indica la salida de la función de activación o estructura interna del modelo vectorial.

yr : Indica la salida bivaluada del modelo vectorial, que indica las posiciones de venta o compra de una acción o divisa por parte de un inversionista

$j = 1, 2, \dots, no$: Número de elementos que conforman la estructura interna del modelo.

$i = 1, 2, \dots, ne$: Número de indicadores financieros utilizados para la negociación.

yr : Indica la salida general del modelo vectorial, en donde la función f_{LD} o función limitador duro, toma el valor donde $yr_k = 1$, cuando $Sr_k > 0$, o $yr_k = 0$, cuando $Sr_k < 0$.

5) Estructura del modelo vectorial de negociación..

Para la negociación automática, el sistema adoptó cuatro tipos estructuras de acuerdo con el modelo vectorial general que se muestra en la Figura 2.

- Modelo Lineal.

$$h_j = (w_{ji} \cdot x_i) \quad (1)$$

- Modelo polinómico general [16], [17]:

$$h_j = (w_{ji} \cdot x_i)^p \quad (2)$$

- Modelo vectorial radial polinómico [21]:

$$h_j = \left(\frac{w_{ji} \cdot x_i}{D_j} \right)^p \quad (3)$$

Donde:

p : Potencia asociada con la estructura radial.

- Modelo logístico.

Este modelo permite asociar una probabilidad a la negociación de una acción o divisa. La función de activación para este modelo se define en términos de una función sigmoideal [21]:

$$S_r = \frac{1}{1 + e^{-\alpha(s_j - \beta)}} \quad (4)$$

Donde:

S_T : Indica la probabilidad asociada con una señal de compra o venta de una divisa o acción.

α : Indica el factor de plasticidad de la función que asigna la probabilidad en la clasificación de un patrón de predisposición.

β : Indica el desplazamiento del punto de corte del con el eje y.

De manera general, la salida del modelo vectorial general representa las posiciones de compra y venta de una acción o divisa por parte de un inversionista, en donde el valor de “1” indica posición de compra o venta, mientras que “0” indica una posición neutra.

La negociación que realiza el sistema sobre la secuencia de acciones definida anteriormente, permite un aprendizaje progresivo mediante la utilización de la Regla Delta Generalizada [13], la cual se denota y define:

$$w_{ji,k+1} = w_{ji,k} + \alpha \cdot \frac{\partial e_k^2}{\partial w_{ji,k}} \quad (5)$$

Donde:

$w_{j,i}$: Conexiones que conforman la estructura del modelo.

α : Representa el factor de aprendizaje o de relajación del aprendizaje.

e_k^2 : Indica el error cuadrático medio, el cual se denota y define

$$e_k^2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{np} (y_{d_k} - y_{r_k})^2 \quad (6)$$

Donde:

np : Indica el número de patrones emocionales disponibles para el aprendizaje.

C. Operaciones de Negociación.

Para la configuración y aprendizaje de los modelos que conforman el sistema, se procedió a la construcción de los registros temporales de aprendizaje que permiten la negociación de una acción o divisa en cada instante de tiempo. Cada registro está compuesto por un vector de 6 componentes en términos de los indicadores descritos anteriormente: RSI, OE, MACD y su señal y las bandas de Bollinger superior e inferior, mientras que la salida está definida por un vector compuesto por tres componentes que indican las posiciones de compra (1), venta (1) o posición neutral (0). La decisión de compra se da de acuerdo con la dominancia que exhiben 2 de los 4 indicadores de entrada frente a la compra, mientras que la decisión de venta, se da por la dominancia que exhiben 2 de los 4 indicadores de entrada frente a la venta.

Para la negociación de una acción o divisa, el sistema requiere de la interacción de dos modelos vectoriales por acción, uno dedicado a las posiciones neutras y de compra, y otro dedicado a las posiciones neutras y de venta. Es importante tener en cuenta que los vectores que conforman el patrón de negociación o vector salida, nunca podrán tener un valor de 1 para la compra y la venta en el mismo período de tiempo, ya que esto indicaría que en el mismo instante de tiempo se dieron ambas posiciones, a diferencia del valor 0, el cual marca las posiciones neutras de negociación.

Los modelos integrados al sistema de negociación, llevan a cabo un aprendizaje progresivo a lo largo de la secuencia de acciones definida anteriormente en términos de

las posiciones de compra y venta definidos por los indicadores bursátiles seleccionados para este estudio.

D. Materiales y Métodos.

Para la validación del sistema de negociación propuesto se tuvieron en cuenta dos etapas. Una primera etapa utilizada para la configuración, análisis y validación de cada uno de los modelos vectoriales que integran el sistema para el conjunto de acciones; y una segunda etapa en donde se hizo la validación general del sistema negociación frente a la secuencia de acciones definida anteriormente.

En la primera etapa se tomaron cinco configuraciones para el modelo vectorial general que integra el sistema de negociación: lineal, polinómico orden dos, polinómico orden cinco, radial polinómico, logístico. Cada modelo fue evaluado en términos del número de aciertos que logra el sistema al momento de identificación una posición de compra o venta en términos de los indicadores bursátiles utilizados para este estudio. Para cada acción, el modelo lleva a cabo un total de 100 ciclos de aprendizaje.

Para cada acción el sistema tomó dos versiones por modelo, una versión para posiciones neutras y de venta, y una versión para posiciones neutras y de compra. Para la configuración de cada modelo se utilizó una estrategia de aprendizaje de 50-25-25, en donde el 50% de los datos fueron utilizados para la configuración de cada modelo, un 25% de los datos se utilizó para la validación del aprendizaje, mientras que un 25% restante de los datos, se utilizó para la generalización del aprendizaje frente a la negociación (Tabla 1).

Tabla 1 Número de señales de compra y venta de referencia que presenta cada una de las acciones seleccionadas para este estudio.

	Aprendizaje (50%)		Validación (25%)		380
	Compra	Venta	Compra	Venta	
Ecopetrol	381	378	180	199	
Sura	332	427	159	220	
Bancolombia	425	334	178	201	
Argos	304	455	226	153	
Isagen	402	357	179	200	

Para la generalización del sistema, cada modelo fue evaluado en términos de las distribuciones de probabilidad que muestran el precio de compra, el precio de venta y el precio de mercado, y que permiten evaluar la ganancia a largo plazo lograda por cada modelo frente a la negociación de cada una de las acciones.

En la segunda etapa se hizo la validación general, en donde el sistema utilizó para la negociación el mejor modelo identificado en la primera etapa. Para la negociación en esta segunda etapa, se utilizó la totalidad de las acciones que conforman la secuencia de acciones definida anteriormente, y se utilizó una estrategia incremental de negociación, en donde a medida que se generan posiciones de compra o venta, el monto (en \$) va a ir aumentando. Para lograr aumentos sucesivos se definieron una serie de porcentajes crecientes asociados con el monto de dinero del inversionista (estos porcentajes van desde 10% hasta 17.5%) como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Estrategia de negociación progresiva.

Estrategia de Negociación		
Neg. Nro.	Valor	
1		10,0%
2		10,0%
3		12,5%
4		15,0%
5		17,5%
6		17,5%
7		17,5%

Para evaluar el desempeño general del sistema, el modelo llevó a cabo un aprendizaje progresivo sobre las posiciones de compra y venta que definen los indicadores bursátiles definidos anteriormente, mientras que para la evaluación del desempeño se utilizaron como indicadores: monto inicial, monto actual, rentabilidad de portafolio, compra mínima, comisión y el *stop & loss*, el cual evita que el modelo lleve a cabo el aprendizaje cuando las pérdidas de una negociación están por encima de un 8% sobre el monto inicial.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En la Tabla 3 se puede observar el porcentaje de aciertos que lograron cada uno de los modelos vectoriales que integra el sistema de negociación por acción en la primera etapa de configuración y aprendizaje:

Tabla 3 Resultados alcanzados por los modelos vectoriales integrados al sistema de negociación en la primera etapa frente a la configuración y aprendizaje.

Acción	Modelo	Compra		Venta	
		Aprendizaje (50%)	Validación (25%)	Aprendizaje (50%)	Validación (25%)
Ecopetrol	Polinómico General (Orden 2)	0.91	0.83	0.83	0.78
Sura	Polinómico General (Lineal)	0.82	0.76	0.82	0.82
Bancolombia	Radial Polinómico	0.84	0.81	0.87	0.83
Argos	Logístico	0.87	0.83	0.92	0.89
Isagen	Polinómico General (Orden 5)	0.98	0.87	0.94	0.93

En la Tabla 4 se puede observar que los modelos alcanzaron niveles de desempeño superiores en promedio al 80%, sin embargo el modelo que logró los mayores índices de desempeño frente a la negociación fue el modelo polinómico general de orden 5, gracias a su plasticidad y a su capacidad para identificar posiciones neutras o posiciones de compra y venta.

En la Tabla 4 se puede observar la ganancia normalizada lograda por cada uno de los modelos frente al 25% de los datos utilizados para la generalización del aprendizaje en la primera etapa. Al igual que en la Tabla 3, el modelo polinómico general de orden 5, logro la mayor diferencia entre la compra y la venta de una acción (ganancia), lo que corrobora aún más su buen desempeño en la identificación de posiciones de compra y venta.

Tabla 4 Ganancia a largo plazo que muestra cada uno de los modelos vectoriales frente a cada una de las acciones.

Modelo	Precio Compra		Precio Mercado		Precio Venta		Ganancia
	Mean	Variance	Mean	Variance	Mean	Variance	
Ecopetrol	0.513456	0.14523	0.52456878	0.156723	0.5083781	0.19865	-0.0050779
Sura	0.332421	0.0519215	0.392382	0.0428456	0.441602	0.0475627	0.109181
Bancolombia	0.566716	0.0469551	0.644754	0.0437409	0.702705	0.0246132	0.135989
Argos	0.540467	0.0753683	0.655047	0.0630787	0.67999	0.0489968	0.139523
Isagen	0.54278	0.0608543	0.616923	0.0373237	0.683434	0.0369964	0.140654

Para la evaluación general del sistema de negociación en la segunda etapa, y tomando como referencia el modelo polinómico general de orden 5, se tomaron los siguientes parámetros de negociación (Tabla 5):

Tabla 5 Parámetros de negociación para cada una de las acciones seleccionadas.

Monto Inicial	100'000.000 \$
Monto Actual	105'383.495 \$
Compra Mínima	10'000.000 \$
Comisión	0.30%
stop & loss variable	0.00% - 8.00%

De acuerdo con la secuencia de acciones y los parámetros de negociación definidos para el sistema, en la Tabla 5 se puede observar la evolución que tuvo la rentabilidad a lo largo de la secuencia de acciones (Tabla 6):

Tabla 6 Evolución de la rentabilidad a lo largo de la secuencia de negociación progresiva establecida para la validación del sistema.

	Monto Actual (\$)	Rentabilidad (%)
Ecopetrol	\$91,049,730.00	-8.95%
Sura	\$97,141,824.00	-2.86%
Bancolombia	\$97,288,898.00	-2.71%
Argos	\$105,385,230.00	5.39%
Isagen	\$106,766,031.00	6.77%

En la Tabla 6 se puede observar que el sistema logró un mejoramiento progresivo de la rentabilidad, gracias al aprendizaje que llevó a cabo el modelo polinómico general orden 5 a lo largo de la secuencia de acciones, logrando una rentabilidad última de 6.77% en la acción de Isagen. Es de anotar que la acción que presentó mayor volatilidad fue la acción de Ecopetrol, empresa dedica a la producción de hidrocarburos en Colombia, que ha visto afectado el precio de su acción por efecto de la volatilidad de los precios del petróleo en el mercado internacional.

Para evitar el sesgo en el aprendizaje, se estableció una estrategia limitada por un *stop & loss* variable, lo que evita que el modelo tuviera pérdidas generadas por pequeños cambios en el precio de una acción, con respecto al promedio de las compras en instantes pasados.

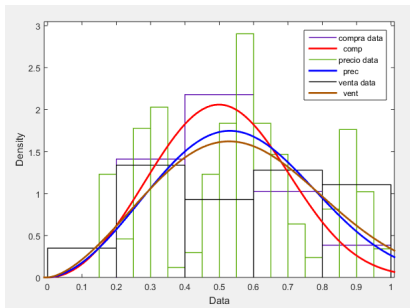


Figura 3 Distribuciones que muestran la ganancia a largo plazo como resultado de la negociación de la acción de Ecopetrol.

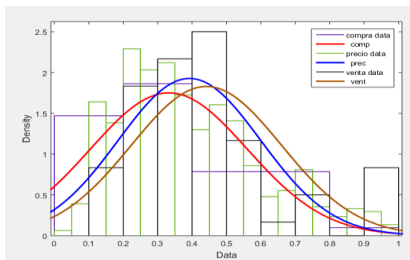


Figura 4 Distribuciones que muestran la ganancia a largo plazo como resultado de la negociación de la acción de Isagen.

En la Figura 3 y la Figura 4, se puede observar la evolución que tuvo el sistema de negociación frente a la ganancia a largo plazo para las acciones de Ecopetrol e Isagen. Esta ganancia se puede observar en la diferencia alcanzada por las medias de las distribuciones de los precios de compra y venta de las acciones, y que se corrobora con los resultados logrados en la Tabla 6.

IV. CONCLUSIONES

El sistema propuesto permitió la negociación automática de acciones mediante la integración de un modelo vectorial general inspirado en la estructura de un modelo vectorial flexible por adaptación, el cual además de modificar su estructura, permite establecer posiciones automáticas de compra y venta en términos de una serie de indicadores que muestran el comportamiento de una acción a lo largo del tiempo.

Para mejorar el comportamiento de este tipo de sistemas frente a la negociación automática de acciones en mercados altamente volátiles, se requiere que los modelos utilicen secuencias de aprendizaje conformadas por acciones con diferentes comportamientos a lo largo del tiempo, con el fin de evitar comportamientos erróneos al momento de utilizar este tipo de sistemas para la negociación de acciones o divisas *on-line*.

Para la conformación de las posiciones de compra y venta, el modelo vectorial incorpora una estrategia de *stop & loss*, lo que le permite centrar su aprendizaje en posiciones de compra y venta que son relevantes para la negociación, eliminando posibles pérdidas por efecto de cambios inesperados en el comportamiento de una acción por efecto de la volatilidad de los mercados.

A pesar de que los sistemas por adaptación y aprendizaje pueden llegar a ser una herramienta poderosa para la negociación de acciones o divisas en mercados altamente especulativos, estos se deben complementar con herramientas de análisis fundamental, con el fin de evitar comportamientos exógenos al sistema, como situaciones de crisis, emisiones futuras, disminución de las calificaciones de una compañía o caída de los precios de una acción que afectan considerablemente el comportamiento de este tipo de modelos en una negociación.

La integración de diferentes indicadores bursátiles para la negociación automática de acciones o divisas en un solo modelo, permitirá extender el concepto de *Expert Advisor* utilizado por diferentes plataformas de negociación de divisas como el *Metatrader 4.0*, al concepto de *Experts Advisors Multidimensionales*, haciendo que la negociación por indicadores se haga de una manera más integral. Igualmente, este concepto permitirá que la estructura del modelo vectorial general se transforme en modelos multidimensionales en términos de diferentes funciones de activación que permiten generar múltiples posiciones de negociación.

V. REFERENCIAS

- [1] C. Ferrari y A. Gonzalez, «Fundamentales empresariales y económicos en la valoración de acciones,» vol. 20, nº 33, pp. 11-48, 2007.
- [2] K. Grez, D. Gonzalez y R. Daza, «Redes Neuronales Artificiales: Una herramienta para las finanzas,» *Economía y Administración*, vol. 44, nº 68, pp. 63-68, 2007.
- [3] Y. Vyklyuk, D. Vukovic y A. Jovanovic, «FOREX: prediction with neural network: USD/EUR currency pair,» *Actual problems of economics*, vol. 148, nº 10, pp. 261-273, 2013.
- [4] D. De la Fuente, R. Rosillo y J. Giner, «Stock market simulation using support vector machines,» *Journal of forecasting*, pp. 448-500, 2014.
- [5] C. Dunis, R. Rosillo, D. De la Fuente y R. Pino, «Forecasting IBEX-35 moves using support vector machines,» *Neural Computing and Applications*, pp. 229-236, 2013.
- [6] L. Meng y Y. Sun, «Reesearch on automated forex trading system based on BP neural network,» *Advanced materials research*, pp. 753-758, 2013.
- [7] R. Martínez, «Señales de inversión basadas en un índice de aversión al riesgo,» Academia Europea de Dirección y Economía de la Empresa (AEDEM), Madrid, España, 2012.
- [8] N. Benhayoun, I. Chairi, A. Gonnouni y A. Lyhyaoui, «Financial intelligence in prediction of firm's creditworthiness risk: evidence from support vector machine approach,» *Procedia Economics and Finance*, vol. 5, nº 13, pp. 103-112, 2013.
- [9] D. Pradeepkumar y V. Ravi, «Forex rate prediction using chaos, neural networks and particle swarm optimization,» de *Lecture notes and computer science - subseries lecture notes in artificial intelligence*, Springer Verlag, 2014, pp. 363-375.
- [10] T. Chang, «A comparative study of artificial neural networks and decision trees for digital game content stocks price prediction,» *Experts systems with applications*, vol. 38, nº 1, pp. 14846-14851, 2011.

- [11] M. Khashei y M. Bijari, «An Artificial neural network (p,d,q) model for timeseries forecasting,» *Experts systems with applications*, vol. 37, n° 1, pp. 479-489, 2010.
- [12] J. Wang, J. Wang , Z. Zhang y S. Guo, «Stock index forecasting based on a hybrid model,» *Omega*, vol. 40, n° 1, pp. 758-766, 2012.
- [13] A. Kazem, E. Sharifi, F. Hussain , M. Saberi y O. Hussain, «Support vector regression with chaos based firefly algorithm for stock market price forecasting,» *Applied soft computing* , vol. 13, n° 2, pp. 947-958, 2013.
- [14] P. Issn, «Negociación de portafolios de acciones usando la metaheurística recocido simulado,» vol. 1, n° 30, pp. 301-306, 2006.
- [15] Stock Trader's Almanac, «Almanac Newsletter: Market a Glance,» 30 10 2014. [En línea]. Available: chrome-extension://oemmnadbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.stocktradersalmanac.com/NL_Archive/2014/2014_11.pdf.
- [16] J. Levene, J. Marcotte y J. Notache , «Stock trading systems: analysis and development of a system of systems,» Worcester Polytechnic Institute, 2015.
- [17] D. Acheme, R. Vincent O. , O. Folorunso y I. Olusola O., «A predictive stock market technical analysis using fuzzy logic,» *Computer and Information Science*, vol. 7, n° 3, pp. 1-10, 2014.
- [18] RHB Investment Bank Berhad, Spot BUY/SELL opportunities with these indicators, RHB Investment Banck Berhad, 2014.
- [19] J. Arango, M. Cardenas y A. Peña , «Sistema para la rehabilitación del Síndrome del Miembro Fantasma utilizando una Interfaz Cerebro Computador y Realidad Aumentada,» *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información*, vol. 11, pp. 93-106, 2013, ISSN:1646-9895.
- [20] E. Velásquez, A. Cardona y A. Peña , «Modelo Vectorial para la Inferencia del Estado Cognitivo de Pacientes en Estados Derivados del Coma,» *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información - RISTI*, vol. 13, pp. 65-81, 2014, ISSN: 1646-9895.
- [21] P. Isasi, *Redes de Neuronas Artificiales - Un enfoque práctico*, 2004.

Resolución del Manufacturing Cell Design Problem utilizando el Algoritmo Bat

A Bat Algorithm to solve the Manufacturing Cell Design Problem

Ricardo Soto^{1,2,3}, Broderick Crawford^{1,4,5}, Carolina Zec^{1*}, Andrés Alarcón^{1*}, Boris Almonacid¹

¹Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

²Universidad Autónoma de Chile, Santiago, Chile

³Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

⁴Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

⁵Universidad Central de Chile, Santiago, Chile

Resumen — El problema de diseño de celdas para manufactura (Manufacturing Cell Design Problem, MCDP), consiste en la agrupación de máquinas manufactureras en celdas con la finalidad de minimizar los movimientos inter-celdarios con las partes. Para la resolución del problema MCDP se ha utilizado la metaheurística del algoritmo del murciélago (Bat Algorithm), método que resulta ser novedoso para este tipo de problema, esta metaheurística se encuentra basada en la eco-localización de los murciélagos y en las pruebas realizadas ha logrado encontrar el óptimo global en todas de las instancias.

Palabras Clave – Problema de diseño de celdas de manufactura, Algoritmo del murciélago, Metaheurística.

Abstract — Manufacturing Cell Design is a problem that is aimed at distributing the different machines of a center of production in cells, so that the parts of the final product to be manufactured with the least amount of travel in its manufacturing process. Bat Algorithm is an algorithm inspired by the behavior of echolocation in bats. Using a balance sheet of the frequency and automatic tuning of exploration and exploitation by controlling the rate of volume and emission pulses. The following work shows the resolution of the Manufacturing Cell Design, by means of Bat Algorithm, an algorithm that proved to be effective for this problem because it has reached the optimum in all problems with which the tests were conducted.

Keywords – Manufacturing cell design problem, Bat Algorithm, Metaheuristics.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología de grupo (GT) tiene la finalidad de agrupar las partes de un determinado producto que tienen en común las máquinas en una fábrica manufacturera. Se realiza una agrupación a fin de optimizar la producción, dado que minimiza los costos y por ende aumenta la productividad.

El modelado del problema en el diseño de celdas de manufactura (*Manufacturing Cell Design Problem*, MCDP), es un problema que define la distribución de una fábrica manufacturera en celdas, proceso fundamental para GT, en las cuales se distribuyen las máquinas que procesan las partes de un determinado producto.

Para resolver el MCDP, se utilizará el Algoritmo del Murciélago (*Bat Algorithm*, BAT), que es un algoritmo de optimización basado en el comportamiento natural de los murciélagos. Se basa en su sistema de eco-localización, el cual determina la distancia en la que se encuentra de su presa o alimento. Con el uso de la frecuencia, velocidad y posición de cada murciélago se podrá determinar su próximo movimiento dentro del espacio de búsqueda. Los murciélagos se encargarán de recorrer el espacio de búsqueda intentando alcanzar la solución óptima del problema de MCDP.

El documento se encuentra organizado de la siguiente manera: En la sección II, se presentan los trabajos realizados en relación al problema planteado. En la sección III se presenta el problema planteado. En la sección IV se describe el algoritmo a utilizar para la resolución de MCDP. En la sección V se presentan los resultados obtenidos. Finalmente en la sección VI se describen las conclusiones.

II. ESTADO DEL ARTE

Los trabajos de investigación que se han realizado para resolver el problema de MCDP han seguido dos líneas complementarias, estas se pueden organizar en dos grupos diferentes: los métodos aproximados y los métodos de optimización global. Los métodos aproximados son en su mayoría centrados en la búsqueda de una solución óptima durante un tiempo limitado, sin embargo, no garantizan encontrar un óptimo global. Por el contrario la optimización global, tiene como objetivo analizar por completo el espacio de búsqueda para garantizar un óptimo global, aunque el costo de

* Autor correspondiente {carolina.zec.s, andres.alarcon.a}@mail.pucv.cl.
{ricardo.soto, broderick.crawford}@ucv.cl, boris.almonacid.g@mail.pucv.cl

utilizar este método es mucho mayor tanto en memoria como en tiempo.

Dentro del grupo de métodos aproximados, se han utilizado diferentes metaheurísticas para la formación de celdas como: búsqueda tabú [1], [3], enfriamiento simulado (SA) [2], optimización de enjambres de partículas (PSO) [4], algoritmos genéticos (GA) [5], GA utilizando un enfoque de optimización multi-objetivo diferente, el cual consiste en la minimización simultánea del número total de movimientos entre celdas y variación de carga entre ellas [6]. También es posible encontrar técnicas híbridas como la combinación de SA con GA [6], búsqueda local y GA [7], una metodología de solución basada en una combinación de GA y técnicas de optimización a gran escala [8].

En el grupo de optimización global, se han realizado experimentos preliminares para resolver MCDP mediante el uso de programación lineal [1] [11]. Se destaca también el uso de otro paradigma para optimización global como es la programación por metas (GP), el cual puede ser visto como una generalización de la programación lineal para la manipulación de múltiples funciones objetivos [12] [13]. También se han realizado investigaciones combinando ambos métodos, métodos aproximados y aproximación global, en el que combinan técnicas de branch-and-bound con GA [14]. Finalmente el uso de programación con restricciones (CP) con satisfacibilidad booleana (SAT) [9].

III. MANUFACTURING CELL DESING PROBLEM

El MCDP consiste en la organización de una planta o centro de producción en un conjunto de celdas, en donde cada una de las celdas se encuentra compuesta por diferentes máquinas que se encargarán de procesar diferentes partes o piezas de un producto que poseen características similares. El criterio utilizado para agrupar las máquinas en las celdas se basa en la minimización de movimientos entre ellas. De esta manera, el objetivo será agrupar las máquinas de la mejor manera posible, con la finalidad de reducir el costo de transporte de una parte o pieza desde un lugar a otro.

A. Planteamiento del Problema

El problema de formación de celdas es modelado mediante el uso de una matriz inicial. La idea es representar el procesamiento de cada una de las partes en la matriz para mantener información de las máquinas por las que tiene que viajar cada una de ellas hasta terminar su proceso de producción. Esta matriz recibe también el nombre de matriz de incidencia y se encuentra compuesta por un dominio binario. Se denota $A = [a_{ij}]$, en donde:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{Si la parte } j_{th} \text{ visita la máquina } i_{th}. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases} \quad (1)$$

Una vez construida la matriz de incidencia es difícil distinguir la distribución ideal de los grupos de máquinas o el conjunto de partes. Por lo tanto, el objetivo principal es la formación de un conjunto de máquinas en las celdas de tal

manera que el número de viajes entre celdas se reduzca al mínimo. La matriz de incidencia (fig. 1) tiene que ser transformada en una matriz ordenada, la cual debe de tener como característica una estructura diagonal. Este reordenamiento tiene por objeto la reducción al mínimo del total de movimientos entre celdas.

El modelo de optimización para MCDP es el siguiente [13]:

- M : Número de máquinas.
- P : Número de partes.
- C : Número de celdas.
- i : Índice de máquinas ($i = 1, \dots, M$).
- j : Índice de partes ($j = 1, \dots, P$).
- k : Índice de celdas ($k = 1, \dots, C$).
- A : $[a_{ij}]$ que corresponde a la matriz de incidencia máquina-parte (M x P).
- M_{max} : Número máximo de máquinas por celda.

Para obtener la matriz ordenada, es necesario utilizar tres matrices. La primera es la matriz inicial $A = [a_{ij}]$. La segunda es una matriz que se va a denominar intermedia $Y = [y_{ik}]$ y contiene valores que se obtienen mediante el algoritmo a utilizar. Finalmente, la tercera matriz se va a denominar inferida $Z = [z_{jk}]$, y contiene valores que se obtienen a partir de las dos matrices anteriormente nombradas.

La matriz intermedia (M x C) permitirá distribuir las máquinas en distintas celdas. Esta matriz se denota $Y = [y_{ik}]$, en donde:

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Si la máquina } i \text{ pertenece a la celda } k. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases} \quad (2)$$

Sin embargo, para efectos del algoritmo de los murciélagos que se utilizará para resolver el problema, la matriz intermedia será representada por un vector que almacenará la celda a la que pertenece la máquina. Este vector se denota $V = [v_c]$ en que $v_c \in [1, C]$ (fig. 1).

1	4	5	4	4	3	2	1	1	3	5	2
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Figura 1: Vector de solución para 12 máquinas y 5 celdas.

Por otro lado, la matriz inferida (P x C) se denota $Z = [z_{jk}]$, en donde:

$$z_{jk} = \begin{cases} 1 & \text{Si la parte } j \text{ pertenece a la celda } k. \\ 0 & \text{En otro caso.} \end{cases} \quad (3)$$

El problema va a ser representado por el siguiente modelo matemático:

$$\text{Minimizar} \sum_{k=1}^C \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^P a_{ij} z_{jk} (1 - y_{ik}) \quad (4)$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

Restricción 1: Una misma máquina solo puede pertenecer a una única celda.

$$\sum_{k=1}^c y_{ik} = 1 \quad \forall i \quad (5)$$

Dado que la representación de la solución en BAT se realiza mediante un vector, esta restricción queda sin efecto, por lo tanto solamente es necesario controlar que el valor de $v_c \in [1, C]$.

Restricción 2: Una parte solo puede pertenecer a una celda.

$$\sum_{k=1}^c z_{jk} = 1 \quad \forall j \quad (6)$$

Independiente de que una parte necesite de varias máquinas dispuestas en diferentes celdas, es necesario determinar a qué celda se va a asociar esa parte. Para determinar la celda apropiada se procederá a consultar las máquinas que necesita esa parte, y en base a la celda que contenga el mayor número de esas máquinas es la que se seleccionará. En el caso de tener la misma cantidad, la selección de la celda es indiferente, cualquiera servirá sin afectar el resultado final.

Restricción 3: El número de máquinas por celda no puede superar el máximo establecido de máquinas por celda.

$$\sum_{i=1}^M y_{ik} \leq M_{max} \quad \forall k \quad (7)$$

Considerando la integración con BAT la restricción 3 queda definida como:

$$f(v_c) \leq M_{max} \quad \forall c \quad \text{con} \quad c = 1, \dots, M \quad (8)$$

IV. ALGORITMO DE LOS MURCIÉLAGOS

El algoritmo de los murciélagos (BAT) se basa en las características de eco-localización de los murciélagos. Una de las características de este algoritmo es la utilización de una técnica de frecuencia de ajuste que le permite aumentar la diversidad de las soluciones. Además utiliza zoom automático para equilibrar la exploración y explotación durante el proceso de búsqueda, técnica en la cual imita las variaciones de las tasas de pulso y volumen de los murciélagos cuando buscan a sus presas.

A. Eco-localización

Existen alrededor de 1000 especies diferentes de murciélagos [15]. Sus tamaños pueden variar ampliamente, desde pequeños murciélagos que pesan entre 1,5 y 2 gramos hasta murciélagos gigantes que llegan a pesar 1 kilogramo. La mayoría de ellos utilizan la eco-localización en cierto grado,

sin embargo los micro-murciélagos son los que la utilizan de forma más amplia a diferencia de los mega-murciélagos que simplemente no la utilizan.

Se entiende como eco-localización a la capacidad de algunos animales de conocer su entorno por medio de la emisión de sonidos y la interpretación del eco que los objetos a su alrededor producen debido a ellos. Esto les permite detectar a sus presas, evitar obstáculos y localizar grietas en la oscuridad para poder dormir. Los pulsos que generan provocan un eco al rebotar en los objetos circundantes [16]. Varían en propiedades y se relacionan directamente a la estrategia de caza dependiendo de la especie. Los micro-murciélagos pueden emitir entre 10 y 20 estallidos de sonido por segundo, mientras que su tasa de pulso se puede acelerar a 200 pulsos por segundo al acercarse a su presa [17].

1) Características principales

En base a la descripción de eco-localización y las características de los murciélagos, se desarrolla el algoritmo BAT en base a las siguientes tres reglas [18]:

- Todos los murciélagos utilizan la eco-localización para detectar la distancia, y también conocen la diferencia entre presas y barreras de fondo.
- Los murciélagos vuelan al azar con velocidad v_i , una posición x_i , y con una frecuencia f_{min} , variando su longitud de onda y volumen A_0 para buscar a su presa. Pueden ajustar automáticamente la longitud de onda (o frecuencia) de los pulsos emitidos y ajustar la tasa de emisión de pulso $r \in [0, 1]$ en la medida que se acerca a su objetivo.
- Aunque el volumen puede variar de muchas maneras, se supone que el volumen varía de entero (positivo) A_0 a un valor constante mínimo A_{min} .

B. Movimiento del murciélago

Cada murciélago se encuentra asociado con una velocidad v_i^t , una ubicación x_i^t y una iteración t en un espacio de búsqueda. Entre todos los murciélagos existe una mejor solución actual x_* . Por lo tanto, las tres reglas anteriores mencionadas pueden ser traducidas a las siguientes ecuaciones [17]:

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta \quad (9)$$

$$v_i^{t+1} = v_i^t + (x_i^t - x_*)f_i \quad (10)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^t \quad (11)$$

Donde β es un vector aleatorio extraído de una distribución uniforme y $\beta \in [0, 1]$. Para la implementación del algoritmo BAT se utilizará f_{min} y f_{max} , que inicialmente tendrá un valor aleatorio el cual se extrae de manera uniforme

a partir de $[f_{min}, f_{max}]$. Por esta razón el algoritmo BAT puede ser considerado como un algoritmo de frecuencia de ajuste ya que proporciona una combinación equilibrada entre la exploración y explotación. El volumen y la tasa de pulso en tanto proporcionan un mecanismo de zoom automático en la región con soluciones prometedoras.

1) Variaciones del volumen y tasa de pulso

Con el fin de proporcionar un mecanismo eficaz para controlar la exploración y explotación, se tiene que variar el volumen A_i y la tasa de emisión de pulso r_i durante las iteraciones. Dado que el murciélago ha encontrado a su presa, mientras que la tasa de emisión de pulso aumenta, el valor del volumen puede ser escogido como cualquier valor de conveniencia entre A_{min} y A_{max} . De esta manera, si $A_{min} = 0$ significa que un murciélago acaba de encontrar una presa y temporalmente detendrá la emisión de cualquier sonido [17].

Con estas premisas, se tiene que:

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t, \quad r_i^{t+1} = r_i^0 [1 - \exp(-\gamma t)] \quad (12)$$

Donde α y γ son constantes. Para cualquier $0 < \alpha < 1$ y $\gamma > 0$, se tiene que:

$$A_i^t \rightarrow 0, \quad r_i^t \rightarrow r_i^0, \text{ como } t \rightarrow \infty \quad (13)$$

En el caso más simple, se puede utilizar $\alpha = \gamma$.

V. RESULTADOS

En esta sección se discuten los experimentos llevados a cabo en la ejecución del algoritmo. Para la ejecución del algoritmo los parámetros que se consideraron fueron los siguientes:

- Frecuencia mínima (f_{min}) = 0.25
- Frecuencia máxima (f_{max}) = 0.50
- Constante alpha (alpha) = 0.99
- Constante gamma (gamma) = 0.99
- Constante epsilon (epsilon) = 0.99
- N° de máquinas (M) = 16
- N° de partes (P) = 30
- N° de iteraciones (T) = 300
- N° de murciélagos (n) = 50

Las pruebas se realizaron en base a 10 problemas de prueba, para los cuales se utilizaron de 2 o 3 celdas. En el caso de utilizar 2 celdas, el parámetro máximo de máquinas (M_{max}) en cada una de los problemas considera los valores 8, 9, 10, 11 y 12. En el caso de utilizar 3 celdas, el M_{max} considera los valores 6, 7, 8 y 9 máquinas por celda. En ambos casos el valor de M_{max} se mantiene constante durante toda la ejecución del algoritmo. En la ejecución del algoritmo se utilizó un computador con un procesador Intel Core i7-3632QM 2.20

GHZ, memoria 8 GB y un sistema operativo Windows 8 64 bits.

En la resolución de los problemas representados en las tablas I y II, la que la columna P describe el número del problema, la columna O describe el óptimo global reportado por Boctor, la columna B corresponde al óptimo alcanzado por BAT y la columna R es la desviación porcentual relativa (RPD). En la tabla I describe el caso de las instancias de prueba con 2 celdas. En las pruebas se alcanzó el 100% de los resultados esperados en las 50 instancias analizadas. En el caso de la resolución de los problemas con 3 celdas, representados en la tabla II, se logró un 100% de los resultados óptimos, es decir, 40 de las 40 instancias de prueba.

TABLA I. INSTANCIAS DE BOCTOR CON CELDAS = 2.

P	$M_{max} = 8$			$M_{max} = 9$			$M_{max} = 10$			$M_{max} = 11$			$M_{max} = 12$		
	O	B	R	O	B	R	O	B	R	O	B	R	O	B	R
1	11	11	0%	11	11	0%	11	11	0%	11	11	0%	11	11	0%
2	7	7	0%	6	6	0%	4	4	0%	3	3	0%	3	3	0%
3	4	4	0%	4	4	0%	4	4	0%	3	3	0%	1	1	0%
4	14	14	0%	13	13	0%	13	13	0%	13	13	0%	13	13	0%
5	9	9	0%	6	6	0%	6	6	0%	5	5	0%	4	4	0%
6	5	5	0%	3	3	0%	3	3	0%	3	3	0%	2	2	0%
7	7	7	0%	4	4	0%	4	4	0%	4	4	0%	4	4	0%
8	13	13	0%	10	10	0%	8	8	0%	5	5	0%	5	5	0%
9	8	8	0%	8	8	0%	8	8	0%	5	5	0%	5	5	0%
10	8	8	0%	5	5	0%	5	5	0%	5	5	0%	5	5	0%

TABLA II. INSTANCIAS DE BOCTOR CON CELDAS = 3.

P	$M_{max} = 6$			$M_{max} = 7$			$M_{max} = 8$			$M_{max} = 9$		
	O	B	R	O	B	R	O	B	R	O	B	R
1	27	27	0%	18	18	0%	11	11	0%	11	11	0%
2	7	7	0%	6	6	0%	6	6	0%	6	6	0%
3	9	9	0%	4	4	0%	4	4	0%	4	4	0%
4	27	27	0%	18	18	0%	14	14	0%	13	13	0%
5	11	11	0%	8	8	0%	8	8	0%	6	6	0%
6	6	6	0%	4	4	0%	4	4	0%	3	3	0%
7	11	11	0%	5	5	0%	5	5	0%	4	4	0%
8	14	14	0%	11	11	0%	11	11	0%	10	10	0%
9	12	12	0%	12	12	0%	8	8	0%	8	8	0%
10	10	10	0%	8	8	0%	8	8	0%	5	5	0%

A. Análisis

A continuación se analizará el comportamiento del problema 4 compuesto por 3 celdas y un M_{max} de 7. Durante la ejecución del problema se logra alcanzar el valor óptimo de 18, lo cual se traduce en 18 movimientos inter-celdarios de las partes entre las celdas.

El promedio de aptitud (fitness) para el problema 4 realizando 30 ejecuciones es de 20. Alcanzando el valor óptimo en 19 ejecuciones (en la ejecución 3, 4, 5, 8, 9, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30). Mientras que el peor resultado se obtuvo en la ejecución número 10 y 17 con una aptitud de 28 en ambos casos. De esta manera, en un 63.3% de las ejecuciones se obtuvo éxito (fig. 1).

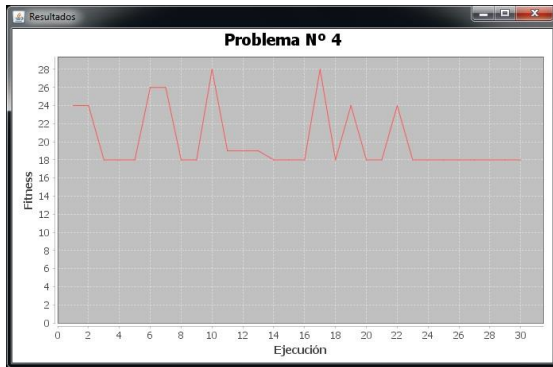


Figura 1. Gráfico de fitness v/s ejecución.

En relación a la convergencia de BAT se puede observar que en las primeras interacciones (fig. 2), con los valores aleatorios de volumen y tasa de pulso, se logró dar un salto importante desde una aptitud de 36 a una de 26, la cual se mantuvo constante por más de 50 iteraciones, hasta dar tres nuevos saltos, alcanzando en el primero de ellos un valor aptitud de 25, en el segundo un valor de 19 y en el tercero un valor de 18. En el resto de interacciones no hubo cambios y el valor se mantuvo constante.

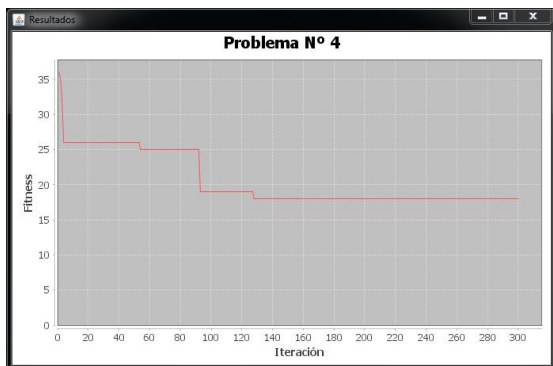


Figura 2. Gráfico de fitness v/s iteración de la ejecución 3.

Cabe destacar que en la mayoría de los problemas, el último cambio de aptitud ocurre antes de las 150 iteraciones, más allá, el resultado se mantiene igual. Esto es de gran importancia debido a que garantiza encontrar la mejor aptitud dentro de las primeras 150 iteraciones, lo cual se traduce en un ahorro en tiempos de ejecución debido a que el resto de las iteraciones se pierden.

En otro punto, se analizará el comportamiento de los murciélagos en la iteración 126, la cual obtuvo el mejor resultado. Se puede apreciar que en la mayoría de los murciélagos se tuvo una tendencia a arrojar resultados por un valor de aptitud superior a 25, solo 9 murciélagos de los 50 obtuvieron una aptitud menor o igual. El peor resultado lo obtuvo el murciélagos número 15, con una aptitud de 52, mientras que la solución óptima se alcanzó en cinco oportunidades, en los murciélagos 38, 42, 43, 48 y 50.

Finalmente, el vector de solución para los cinco murciélagos que alcanzaron el óptimo son iguales y los valores de cada celda asignadas a cada máquina se encuentra representada en la fig. 3.

3	1	3	1	3	3	2	3	1	1	3	2	1	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Figura 3. Vector solución del problema 4

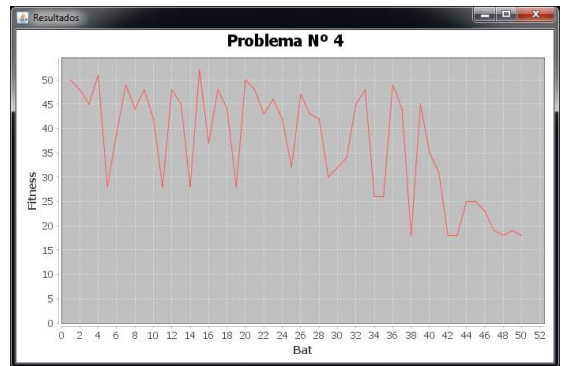


Figura 4. Gráfico de fitness v/s bats de la iteración 126.

VI. CONCLUSIÓN

MCDP es un problema recurrente dentro de las fábricas manufactureras, en el que se busca generar mayores beneficios con mejores tiempos y costos. Para ello, se aplica la metaheurística BAT, método que resulta ser novedoso para este tipo de problemas. Se presentan los resultados esperados por medio de la metaheurística, se identifican los componentes que influyen en el comportamiento de BAT, tales como los movimientos y las frecuencias máxima y mínima establecidas.

De un total de 90 instancias, se alcanzó el óptimo en 90 de ellas, lo que implica que el algoritmo alcanzó el óptimo en el 100% de los casos. Se puede demostrar la eficiencia y la

robustez del algoritmo, donde se pudo determinar que las cualidades que posee, es dar saltos importantes en las primeras interacciones, que permiten comenzar con una buena solución base. Como trabajo futuro los esfuerzos se pueden enfocar en la paralelización de la metaheurística BAT.

AGRADECIMIENTOS

Ricardo Soto apoyado por CONICYT / FONDECYT / INICIACION / 11130459. Broderick Crawford apoyado por CONICYT / FONDECYT / REGULAR / 1140897. Boris Almonacid se encuentra apoyado por la Beca de Postgrado de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 2015 (Beca INF-PUCV 2015).

REFERENCIAS

- [1] F. F. Boctor, "A linear formulation of the machine-part cell Formation problem," *The International Journal of Production Research*, vol. 29, no. 2, pp. 343–356, 1991.
- [2] N. Aljaber, W. Baek, and C.-L. Chen, "A tabu search approach to the cell formation problem," *Computers & industrial engineering*, vol. 32, no. 1, pp. 169–185, 1997.
- [3] S. Lozano, B. Adenso-Diaz, I. Eguia, L. Onieva et al., "A one-step tabu search algorithm for manufacturing cell design," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 50, no. 5, pp. 509–516, 1999.
- [4] O. Dur'an, N. Rodríguez, and L. A. Consalter, "Collaborative particle swarm optimization with a data mining technique for manufacturing cell design," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, no. 2, pp. 1563–1567, 2010.
- [5] V. Venugopal and T. Narendran, "A genetic algorithm approach to the machine-component grouping problem with multiple objectives," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 22, no. 4, pp. 469–480, 1992.
- [6] Y. Gupta, M. Gupta, A. Kumar, and C. Sundaram, "A genetic algorithm based approach to cell composition and layout design problems," *International Journal of Production Research*, vol. 34, no. 2, pp. 447–482, 1996.
- [7] T.-H. Wu, C.-C. Chang, and S.-H. Chung, "A simulated annealing algorithm for manufacturing cell formation problems," *Expert Systems with Applications*, vol. 34, no. 3, pp. 1609–1617, 2008.
- [8] T. L. James, E. C. Brown, and K. B. Keeling, "A hybrid grouping genetic algorithm for the cell formation problem," *Computers & Operations Research*, vol. 34, no. 7, pp. 2059–2079, 2007.
- [9] A. L. Nsakanda, M. Diaby, and W. L. Price, "Hybrid genetic approach for solving large-scale capacitated cell formation problems with multiple routings," *European Journal of Operational Research*, vol. 171, no. 3, pp. 1051–1070, 2006.
- [10] R. Soto, H. Kjellerstrand, O. Dur'an, B. Crawford, E. Monfroy, and F. Paredes, "Cell formation in group technology using constraint Programming and boolean satisfiability," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 13, pp. 11 423–11 427, 2012.
- [11] A. Kusiak and W. S. Chow, "Efficient solving of the group technology problem," *Journal of manufacturing systems*, vol. 6, no. 2, pp. 117–124, 1987.
- [12] S. Sankaran and E. Y. Rodin, "Multiple objective decision making approach to cell formation: a goal programming model," *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 13, no. 9, pp. 71–81, 1990.
- [13] S. M. Shafer and D. F. Rogers, "A goal programming approach to the cell formation problem," *Journal of Operations Management*, vol. 10, no. 1, pp. 28–43, 1991.
- [14] M. Boulif and K. Atif, "A new branch-&-bound-enhanced genetic algorithm for the manufacturing cell formation problem," *Computers & operations research*, vol. 33, no. 8, pp. 2219–2245, 2006.
- [15] C. Tudge, *The variety of life*. Oxford University Press Oxford, 2000.
- [16] P. Richardson, *The variety of life*. Firefly Books, 2000.
- [17] X.-S. Yang and X. He, "Bat algorithm: literature review and

applications," *International Journal of Bio-Inspired Computation*, vol. 5, no. 3, pp. 141–149, 2013.

- [18] X.-S. Yang, "A new metaheuristic bat-inspired algorithm," in *Nature inspired cooperative strategies for optimization (NISCO 2010)*. Springer, 2010, pp. 65–74.

Architectural Approaches to build The Museum of the Person

Cristiana Araújo
Algoritmi Research Centre, Department of Informatics
University of Minho - Gualtar - 4710-057, Braga, Portugal
decristianaraaujo@hotmail.com

Ricardo G. Martini
Algoritmi Research Centre, Department of Informatics
University of Minho - Gualtar - 4710-057, Braga, Portugal
rgm@algoritmi.uminho.pt

Pedro Rangel Henriques
Algoritmi Research Centre, Department of Informatics
University of Minho - Gualtar - 4710-057, Braga, Portugal
prh@di.uminho.pt

José João Almeida
Algoritmi Research Centre, Department of Informatics
University of Minho - Gualtar - 4710-057, Braga, Portugal
jj@di.uminho.pt

Abstract — The Museum of the Person (Museu da Pessoa, MP) is a virtual museum aimed at exhibiting life stories of common people. Its assets are composed of several interviews involving people whose stories we want to perpetuate. So the museum holds an heterogeneous collection of XML (eXtensible Markup Language) documents that constitute the working repository. The main idea is to extract automatically the information included in the repository in order to build the web pages that realize the museum's exhibition rooms. This project started by creating a specific ontology (OntoMP) for the knowledge repository of MP. That ontology is intended to allow a conceptual navigation over the available information. We will adopt the standard for museum ontologies CIDOC-CRM (CIDOC Conceptual Reference Model) refined with FOAF to represent OntoMP. The objective of this paper is to discuss different architectural approaches to build a system that will create the virtual rooms from the XML repository to enable visitors to lookup individual life stories and also inter-cross information among them. The first architecture is based on a TripleStore and uses SPARQL (SPARQL Protocol and RDF Query Language) technology to extract the information, while the second proposal is based on a Relational Database and uses CaVa Generator to query the repository and build the exhibition spaces.

Keywords - *Virtual Museums; Museum of the Person; Ontologies; RDF/SPARQL; Software Architectures.*

I. INTRODUCTION

The society is more and more concerned with the preservation and the dissemination of Cultural Heritage, as works of art, ancient objects, and documents, among others.

Nowadays this can be achieved in a better way resorting to the information and communication technologies because they allow that the physical objects, on one hand, become accessible to anyone, and on the other hand, are not deteriorated rectos [1] [2] [3].

In this context of technological expansion, increasing the capability of extraction, storage and visualization of everyday life events, the museums have taken advantage to expand its field of action, as well as their own concept. They expand their geographical borders by providing information in their pages on the Internet and exhibiting their collections. On the other

hand, completely virtual environments (called Virtual Museums, VM) appeared, without any references to physical spaces [1].

A Virtual Museum, such as a traditional museum, also acquires, conserves, and exhibits the heritage of humanity (in that case, intangible objects, or immaterial things, according to http://www.unesco.org/culture/ich/index.php?lg=en&pg=0002_2\#art2) creating a delightful environment for pleasure or enjoyment, as well as an appropriate place for teaching, and research.

On the other hand, the assets of the Museum of the Person (MP) contains several interviews that narrate the life stories of ordinary citizens. These citizens, to report their life stories, remember events and other particular situations they have participated in. MP resources are documental assets constituted by a collection of documents in XML (eXtensible Markup Language) format.

All the arguments presented above motivate the interest on building a virtual learning space (in that case, a Virtual Museum) to tell to the world those life stories and to extract knowledge about an epoch and a society connecting and relating them.

More precisely we aim at rebuilding npMP, the Portuguese branch of the Museum of the Person network (This network includes branches in Brazil, Portugal, USA, Canada, etc.) that connect individuals and groups through sharing their life stories (<http://www.museumoftheperson.org/about/>).

In this paper, and after a brief introduction to MP (Section I.A), we discuss the ontology built to hold the museum's knowledge repository (Section II), and then we present different technical approaches to implement the desired virtual museum (Section III).

Besides OntoMP, an ontology for the museum of the person that is new and a first contribution of this work, also the extension of the standard CIDOC-CRM for museums with FOAF concepts and properties is another contribution presented.

The last contribution of the paper is the detailed definition of a generic architecture for the implementation of a system that

creates the museum exhibition rooms from the documents repository. Moreover we designed and propose two possible implementations of that generic architecture, one more appropriate for situations where the repository is stored in a relational database, and the other to be used when the repository is archived in a triple-store. Our aim is to compare both approaches to understand the development effort involved in each one and to learn their benefits and drawbacks.

At the best of our knowledge there are not similar projects that use ontologies and tools to generate automatically virtual learning spaces from their specifications, neither in the scope of MP nor in the context of other virtual museums. So we will not include a section on related work. For the sake of space (necessary to introduce all the novelties of this paper) we decided not to include a state of the art section; the reader is referred to the authors pre-thesis [4] [5].

A. Museum of the Person, an overview

Museum of the Person aims at gathering testimonials from every human being, famous or anonymous, to perpetuate his history [2] [3].

Life stories are evidences in support of facts or statements attested by common people carrying a social and historical character, which must be preserved and processed to become an immeasurable human heritage (intangible or immaterial things). The interviewed are used as informers, reporting the events and emotions they experienced [2].

To report their life stories during a predefined structured interview, the narrators remember events and other particular situations they have participated in. These memories will act as a basic element for social research [2].

The Museum of the Person's collection consists of sets of XML documents, properly specified by a DTD (Document Type Definition created specially for that purpose and called MP-DTD) related with each participant.

Typically each interview is split into three parts [6]:

- **BI**: a brief biography and personal data, such as name, date and place of birth, and job;
- **interview**: two versions of the interview are built and saved -- the *interview* file refers to the raw interview and contains all the questions asked and the narrator's answers; the *edited* file is a plain text, structured by themes that define small portions of a person's life story. In this format, a life story may give rise to thematic stories (eg, dating, childhood, craft, among others). Both *interview* and *edited* files contain metadata tagging;
- **photographs** and their caption. This caption includes a description of the image, people depicted, place and the date.

Aside the interviews, there is also a *thesaurus* that includes key concepts mentioned in the stories.

Details about the elements that constitute each DTD will be mentioned in the next section that will discuss the development of MP's ontology (OntoMP). For more details on Museum of the Person please see [7].

II. THE CIDOC-CRM ONTOLOGY FOR MP, ONTOMP

A. OntoMP: Original Design

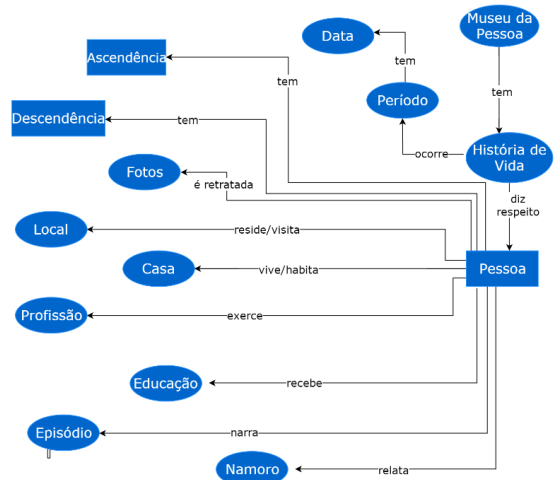
After an exhaustive analysis of all the documents (XML instances, respective DTD's, and the *thesaurus*) that belong to Museum of the Person, we could identify the concepts and relations involved in the life stories. This first step enabled us to design OntoMP, an ontology for the Museum of the Person. In this way, the museum visitor can have a conceptual navigation over the collection.

The main concepts extracted from the analysis phase are: people (*pessoa*), ancestry (*ascendência*), offspring (*descendência*), house (*casa*), job (*profissão*), education (*educação*), episode (*episódio*), dating (*namoro*), accident (*acidente*), migration (*migração*), festivity (*festividade*), political event (*evento político*), catastrophic event (*evento catastrófico*), marriage (*casamento*), birth (*nascimento*), dream (*sonho*), childhood (*infância*), uses (*costumes*), leisure (*lazer*), quotidian (*quotidiano*), religion (*religião*), life's philosophy (*filosofia de vida*).

In a similar way we also identified the following relations: performs (*exerce*), depicted (*é retratada*), visits (*visita*), lives (*vive*), receives (*recebe*), tells (*narra*), has (*tem*), enrolls (*participa*), has-type (*tipo*), occurs (*ocorre*), refers to (*diz respeito*).

Then we realized that some more elements should be added to the ontology: marital status (*estadoCivil*), sex (*sexo*), literacy (*habilitações literárias*), political party (*partido político*), first communion (*primeira comunhão*), death (*morte*), baptism (*batismo*), and photos (*fotos*).

The ontology so far obtained is depicted in Figures 1, 2, and 3.



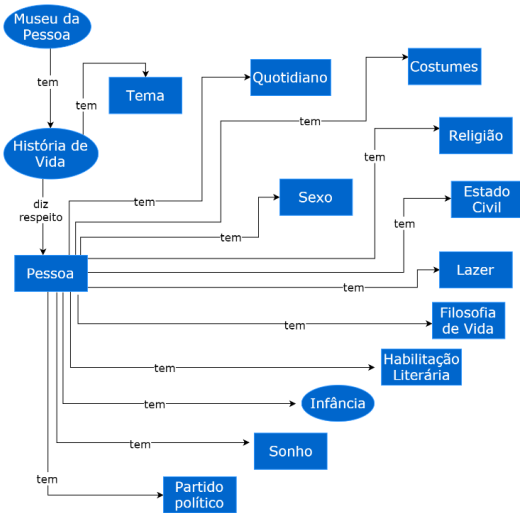


Figure 1. A fragment of OntoMP

Figure 2. A second fragment of OntoMP

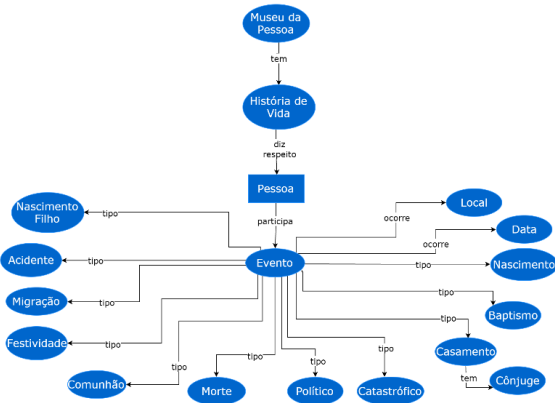


Figure 3. A last fragment of OntoMP

While Figures 1 and 2 show the general life concepts (ellipses) related with ‘Person’ and his main data properties (rectangles), Figure 3 enhances ‘Event’ concept (a relevant component of OntoMP) and its different sorts (subclasses).

To validate the ontology designed, we created some instances using actual life stories picked-up from the MP collection, as

can be consulted in the project’s site at the URL <http://www.di.uminho.pt/~gepl/npMP/>. Notice that all those interviews were conducted in the past and we got written permissions to publish them.

B. OntoMP: CIDOC- CRM / FOAF Representation

After the validation and tuning of OntoMP, the next stage was to describe it in a standard ontology format used for museums, CIDOC-CRM (CIDOC Conceptual Reference Model) following the approach we adopted in the context of a project for another virtual museum [8].

CIDOC-CRM is a formal ontology planned to aid in the integration, mediation, and interchange of heterogeneous Cultural Heritage information [9]. It specifies the semantics of museums’ documentation.

CIDOC-CRM is an event-based ontology. As an event-based ontology, it should contain *Time-Spans* and *Places* related with it. So, most of its concepts derive from the concept *Temporal Entity*. The core of CIDOC-CRM is based on seven concepts: *Temporal Entities*, *Events*, *Actors*, *Time-Spans*, *Conceptual Objects*, *Physical Things*, and *Places*. Besides, *Actors* and *Conceptual Objects* or *Physical Things* should also be related with *Event*.

The transformation of OntoMP, presented in previous subsection, to CIDOC-CRM standard was actually a straightforward process because OntoMP is also based in events.

However we felt that some person properties could not be expressed in CIDOC-CRM in a natural way. So we decided to explore the combination with FOAF (Friend of a Friend) as it has a descriptive vocabulary specific to individuals, their activities and their relations with other people and objects [10] [11].

FOAF ontology describes two areas of digital identity information: biographical information and social network information [12].

After this investigation we decided to refine CIDOC-CRM adding FOAF definitions concerned with *gender* property, person names (*name*, *givenName*, *familyName* and *nick*) and person-image relations (*depicts* and *depiction*).

The final OntoMP built (also fully depicted in the project site referred above) is fully compatible with the original CIDOC-CRM and FOAF, that is, no classes were added or changed.

Once again we instantiated the general ontology with concrete life stories to validate it.

In Figure 4 we show an instance created from Maria Cacheira interview. Below we describe the CIDOC-CRM and FOAF fragment reproduced.

A life story (*E31 Document*) is about (*P129*) a person (*E21 Person*) and contains photos (*Image*) that *depicts* this person. (*E21 Person*), *gender* Female, *name* Maria Alice Rodrigues Cacheira (decomposed in *givenName* Maria Alice and *familyName* Rodrigues Cacheira), *participated in* (*E5 Event*) that is her birth (*E67 Birth*). This event occurred at (*E52 Time Span*) - that is *identified by* (*P78*) 1946-10-08, an (*E50 Date*) -

and at a (E53 Place) - that is identified by (P87) Afurada an (E44 Place Appellation).

In this fragment of *Maria Cacheira's* life story other concepts can be identified. All these concepts, that characterize a (E21 Person), are represented in CIDOC-CRM version, as (E55 Type). For example, (E21 Person) has type (P2) *Peixeira e Empregada de limpeza (E55 Type Job)*, has type (P2) *Viúva (E55 Type Marital status)*, and has type (P2) “*Sabe ler e escrever (4ª classe) (E55 Type Qualifications)*”.

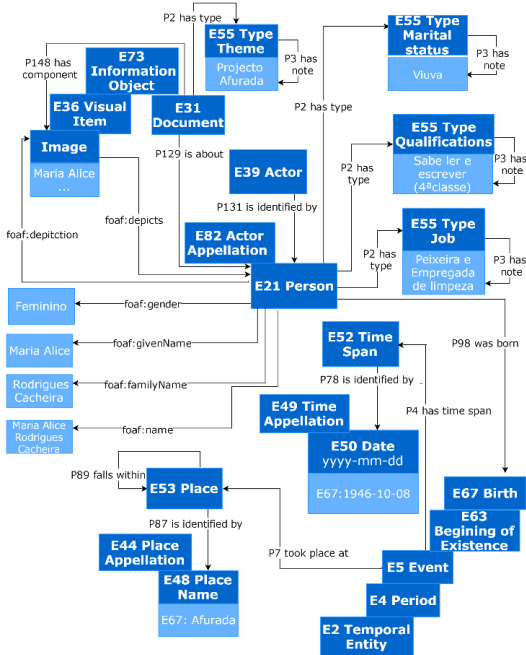


Figure 4. An instance of CIDOC-CRM / FOAF version of OntoMP for Maria Cacheira life story (fragment)

This CIDOC-CRM / FOAF ontology introduced is the heart of our project, as it describes MP's knowledge repository. Based on it, it is now possible to present the architecture of a system that builds the virtual museum from the documents collection.

III. PROPOSED ARCHITECTURES

This section presents a general approach for building the Museum of the Person. This proposal is defined at an abstract level so that the main architectural blocks and their interactions can be clearly understood; the data flow and the main transformations will be emphasized without technological commitments.

After describing the general approach, two alternatives will be discussed to refine that architecture. The general approach, illustrated in Figure 5, to build the Museum of the Person comprises: the repository; the Ingestion Function [M1] responsible for getting and processing the input data; a Data Storage [DS] that is the digital data archive; an Ontology to map and link the concepts with the objects stored in [DS]; the Generator [M2] to extract data from [DS] and manage the information that will be displayed in Virtual Learning Spaces [VLS] (the final objective of this project).

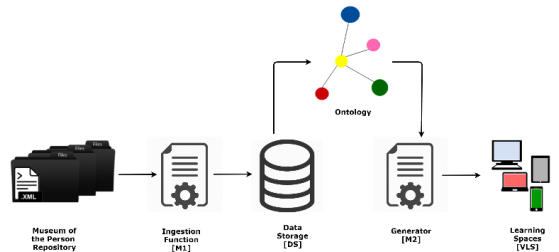


Figure 5. General Approach to build the Museum of the Person

This general approach will have two possible refinements, which are dependent on the [DS]. In approach 1 (Section A. Approach 1) the [DS] is a *TripleStore*, while in approach 2 (Section B. Approach 2) the [DS] is a *Relational Database*.

A. Approach 1

According to this decision, Ingestion Module and the Generator Module must be adapted; the first will transform the input XML documents into RDF triples, and the second will retrieve information from the RDF triples to create the museum web pages.

Figure 6 details the first module that is composed of three blocks:

- *Parser and Semantic Checker* that reads the repository documents and extracts the relevant data (annotated in XML), checking their semantic consistency;
- *Ontology Extractor* that identifies in the extracted data the concepts and relations that belong to the ontology creating in this way an instance of the abstract ontology (in another words, this component populates the ontology);
- *Triple Generator* that converts automatically the ontology triples (created in the preceding block) into triples in RDF notation appropriated to be stored in the [DS] chosen.

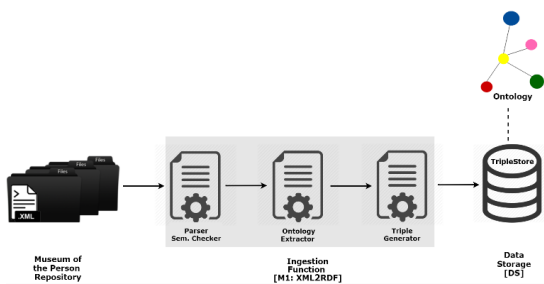


Figure 6. Module [M1] in Approach 1

The mapping between the domain ontology (previously defined) and the data extracted from the repository is automatically built by construction in second block, above. This is, in this approach there is no need to create explicitly this mapping.

It means that the Generator [M2] can access directly the storage to obtain the conceptual information necessary to create the exhibition rooms.

To display in the Virtual Learning Spaces [VLS] the information stored in [DS] - TripleStore, the [VLS] Generator needs to send queries and process the returned data.

Figure 7 shows the second module [M2] (the Generator) that is composed of two blocks:

- *SPARQL Endpoint* that receives and interprets the SPARQL queries, accesses the TripleStore [DS] and returns the answers;
- *Query Processor* generates the SPARQL queries according to the exhibitions room requirements, sends them to the SPARQL Endpoint and after receiving the answer, combines the returned data to set up the Virtual Learning Spaces [VLS].

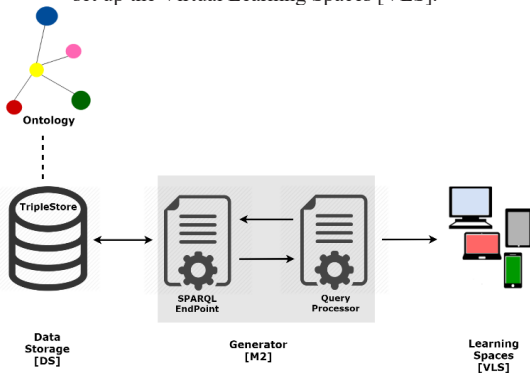


Figure 7. Module [M2] in Approach 1

In this approach, each Virtual Learning Space (a museum's exhibition room) is built fulfilling a web page template with the concrete data retrieved from the data store.

B. Approach 2

As in approach 1, the documents contained in the Repository of Museum of the Person must be stored in the Data Storage [DS]; however the upload process into a database is different from the previous one, and so the Ingestion Function [M1] must be adapted.

Now the input XML documents must be converted into SQL to populate the respective database.

Figure 8 describes the first Module [M1] that in this case has two blocks:

- *Parser and Semantic Checker* that reads the repository documents and extracts the relevant data (annotated in XML), checking their semantic consistency;
- *SQL Generator* that generates automatically the SQL statements that insert the retrieved data into the database tables.

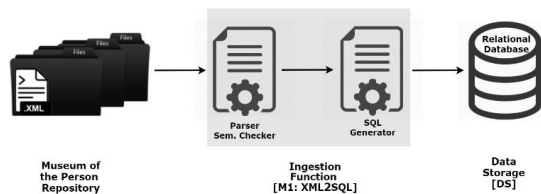


Figure 8. Module [M1] in Approach 2

After the two phases of Ingestion Function [M1] the documents data populated the Relational Database schema, due to the SQL statements generated.

As this schema is not directly related to the ontology, in this second approach an explicit mapping is necessary.

This is the first task that must be implemented by the second Module [M2].

After making this mapping available, it is possible to resort to CaVa (Criação de Ambientes Virtuais de Aprendizagem) system [4] to build automatically the Virtual Learning Spaces [VLS].

Notice that only the generator module of CaVa, CaVa^{Gen} will be used in this context.

Figure 9 sketches Module [M2] that in this case is composed of two parts:

- *DB2Onto Mapping* that associates concepts and relations belonging to the ontology with their respective instances stored in database (it allows to

access database tables and fields to get the instances of the ontology concepts);

- CaVa^{Gen}, that generates automatically the Virtual Learning Spaces from their formal specification based on the ontology.

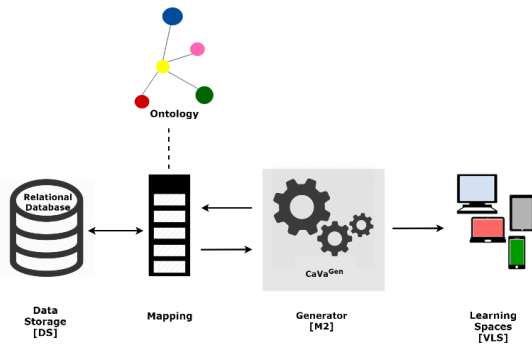


Figure 9. Module [M2] in Approach 2

In this second approach all the work concerned with the query generation according to the exhibition requirements and the answer processing to fulfill the rooms templates is left to CaVa^{Gen}.

Obviously this strategy saves a lot of development effort. The only thing that is needed is the specification of the desired learning spaces in CaVa^{DSL}.

IV. CONCLUSION

Museum of the Person was born in Brazil, São Paulo, in 1991, created by a group of historians who decided to build the country's history using testimonials of ordinary people [13]. This is a still alive project accessible at <http://www.museudapessoa.net>.

Our work concerns the Portuguese branch of such network of life stories museums, npMP. From the life stories of individuals, the objective is to write up the stories of families, communities, or institutions.

In this paper we propose different alternatives to build a software platform to create the museum's virtual exhibition rooms, as web pages, extracting information from the museum's repository, aiming at comparing them.

One approach uses a *TripleStore* to archive the ontology instances and resorts to SPARQL technology to query the repository and obtain the information that will be exhibited.

The other approach uses a *Relational Database* as archive and reuses CaVa framework to extract and display the information. CaVa is a novel proposal under development in the context of the PhD project of one of the authors, and our first objective was to use npMP as a second case study to test that framework.

After finishing the instantiation of the ontology we will start the implementation and testing of both architectures in order to realize positive and negative issues of each one, and to be able to provide different solutions to different repository implementations.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by COMPETE: POCI-01-0145-FEDER-007043 and FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia within the Project Scope:UID/CEC/00319/2013. The work of Ricardo Martini is supported by CNPq, grant 201772/2014-0.

REFERENCES

- [1] B. C. Rodrigues and G. Crippa, "Novas propostas e desafios das mediações culturais em museus virtuais," in *El pensamiento museológico contemporáneo*, pages 599–608, ICOM, 2011, ISBN 978-92-9012-404-7.
- [2] J. J. Almeida, J. G. Rocha, P. R. Henriques, S. Moreira, and A. Simões, "Museu da Pessoa – arquitetura," in *Encontro nacional da associação de bibliotecários, arquivista e documentalistas, ABAD'01*. BAD, 2001, URL <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/585>.
- [3] P. B. Stafford, "The Museum of the Person: A global network for life stories," available at <http://www.museumoftheperson.org>, accessed in Feb. 2016.
- [4] R. Martini, "Formal description and automatic generation of learning spaces based on ontologies," Phd pre-thesis, Universidade do Minho, 2015.
- [5] C. Araújo, "An ontology for the Museum of the Person combining CIDOC-CRM with FOAF," MSc pre-thesis, Universidade do Minho, 2016.
- [6] A. Simões and J. J. Almeida, "Histórias de vida + processamento estrutural = Museu da Pessoa," in *XATA 2003 — XML: Aplicações e Tecnologias Associadas*, page 16, Braga, Portugal, 2003, UM, URL <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/629>.
- [7] R. Martini, C. Araújo, J. J. Almeida, and P. R. Henriques, "OntoMP, an ontology to build the Museum of the Person," in *WorldCIST'2016 Proceedings*, 2016.
- [8] R. Martini, C. Araújo, G. Librelotto, and P. R. Henriques, "A reduced CRM-compatible form ontology for the virtual Emigration Museum," in *WorldCIST'2016 Proceedings*, 2016.
- [9] ICOM/CIDOC, "Definition of the CIDOC conceptual reference model," Technical report, ICOM/CIDOC, May 2015.
- [10] G. A. Grimnes, P. Edwards, and A. D. Preece, "Learning meta-descriptions of the foaf network," *The semantic web - ISWC 2004: Third International Semantic Web Conference*, Hiroshima, Japan, November 7-11, 2004, Proceedings, volume 3298, pages 152–165. Springer, 2004, ISBN 3-540-23798-4.
- [11] D. Allemang and J. Hendler, "Semantic web for the working ontologist: effective modeling in RDFS and OWL," Morgan Kaufmann Publishers Inc., San Francisco, CA, USA, 2 edition, 2011, ISBN 9780123859655, 9780123859662.
- [12] M. M. Al-Mukhtar and A. T. Al-Assafy, "The implementation of foaf ontology for an academic social network," *International journal of computer science engineering and technology (IJCSSET)*, 4, 2014. ISSN 2231-0711.
- [13] K. Worcman, "The museum of the person," in *Virtual Museums*, volume 57(3). ICOM, 2004.

Sistema de Controle de Versões e Linha de Produto de Software:

Uma experiência em residência em Software

Control Version System Process and Software Product Line:

Software Residence Experience

Alexandre L'Erario, José Augusto Fabri

DACOM - Departamento Acadêmico de Computação
UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, Brazil
{alerario, fabri}@utfpr.edu.br

José Antônio Gonçalves, Alessandro Silveira Duarte

DACOM - Departamento Acadêmico de Computação
UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, Brazil
{jgongalves, duarte}@utfpr.edu.br

Resumo — Este artigo apresenta uma experiência em residência de software referente a linha de produto e processo de controle de versões. Um problema real foi conduzido para três grupos de alunos de mestrado que tiveram como missão desenvolver e especificar um processo para atender a esta demanda. Como resultado deste experimento, desenvolveu-se o processo e a residência de software contribuiu para que conhecimento referente a tal problema fosse disseminado entre os participantes.

Keywords - *residência em software, linha de produto de software, sistema de controle de versões;*

Abstract — This paper presents an experience in software residence about product line and version control process. Graduate students groups had a mission to develop and specify a process to solve a real problem. As a result of this experiment, the groups developed and specified the software process and we found that the software residence contributed to dissemination of knowledge among students.

Keywords - *software residence; software product line; control version system*

I. INTRODUÇÃO

Um número restrito de organizações brasileiras produz software com padrões de qualidade certificados. A quantidade de empresas certificadas com *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) no Brasil é de 198, enquanto que na China é de 3316, nos Estados Unidos 2186 e na Índia 959¹.

¹ Acessível em: <https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx>

Na área de Engenharia de Software, o baixo número de mão de obra qualificada e a alta carga tributária configuram um cenário desfavorável para o processo de expansão do Brasil no setor de produção de software.

Com o intuito capacitar profissionais no setor, gerando mão de obra altamente qualificada, algumas empresas e universidades aderiram ao conceito de residência em software.

Este trabalho faz uma abordagem da residência em software, cujo escopo está centrado na linha de produto com o gerenciamento de controle de versões. E tem por objetivo utilizar o conceito de residência em software para que um grupo de discentes do programa de mestrado possa resolver um problema relacionado com a linha de produto de software e gestão de versões.

Um ambiente parcialmente simulado, ou seja, um problema real de uma empresa foi importado para dentro do ambiente acadêmico, propiciando aos alunos um problema/cenário idêntico ao real. Esta condução foi efetuada pelos docentes da área de engenharia de software da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) que criaram o Grupo de Gestão da Tecnologia da Informação (GTI).

O grupo tem como objetivo prover direcionamentos na área de melhoria de processo. Atualmente o grupo é composto por 6 professores que trabalham ativamente, junto as empresas de produção de software, na implantação de processo de software, auxiliando-as nas avaliações dos modelos CMMI e Melhoria de Processo do Software Brasileiro (MPS-BR).

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A. *Residência em Software*

A residência médica foi estabelecida no Brasil pelo decreto número 80.281 de 05 de setembro de 1977. Esta é caracterizada

como modalidade de ensino de pós-graduação cujo objetivo é especializar médicos na forma de um curso de pós-graduação, inserido esta em uma organização da área de saúde.

A residência em software tem o mesmo conceito: promover ao aluno de pós-graduação uma experiência real, desta maneira, contribui para a consolidação dos conceitos de qualidade, processo de produção e gestão em projetos na área de engenharia de software.

Segundo [1], a residência em software proporciona dentro de um ambiente real de desenvolvimento de software, uma experiência prática aos alunos de graduação, pós-graduação e/ou profissionais inseridos na indústria. Estes ambientes reais são construídos para que os residentes possam se especializar em determinada área.

Assim como na residência médica, segundo [2], a residência em software, deve ser desenvolvida num centro de ensino, envolvendo conhecimentos específicos, conceitos relevantes e apresentar características de ensino formal. O desenvolvimento das práticas empregadas na indústria de software deve direcionar a atenção dos tutores, responsáveis pelos residentes.

Para os autores [1] e [2], a residência em software tem uma semelhança com a residência médica, pois, ambas têm o mesmo propósito: especializar os alunos/profissionais interessados em uma determinada área.

Para [3], o ambiente de execução da residência pode ser classificado em níveis que iniciam em totalmente simulado até o ambiente real de execução.

B. Linha de produto de software

Segundo [4], as linhas de produto de Software (*Software Product Lines - SPL*) são utilizadas para aumentar a produtividade melhorando a qualidade em um curto período de tempo. Os artefatos produzidos neste conceito são reutilizados de maneira sistemática em produtos. Tais artefatos são definidos como principais ativos (*core assets*)

Para [4] a SPL deve promover um mecanismo para acompanhar as mudanças e novas versões dos artefatos e produtos que emergem a partir da *Baseline*. A SPL deve garantir que seja acompanhada a evolução do produto, bem como a propagação de mudanças.

C. Sistemas de Controle de Versões

Segundo [5], o conceito real de um sistema de controle de versão e sua primeira implementação foi introduzida por [6]. Nesta publicação, o autor denominou o sistema de controle de código fonte como uma ferramenta para auxiliar a programação de projetos controlando modificações no código fonte. Desta maneira seria possível armazenar, atualizar e recuperar todas as versões de todos os códigos ali alocados.

Atualmente os sistemas de controle de versões possuem recursos que possibilitam o acesso remoto aos ativos de

processo, bem como a possibilidade de trabalho concomitante de desenvolvedores em um mesmo projeto. É possível identificar quais mudanças foram geradas por quais desenvolvedores, bem como comparar alterações que foram realizadas no computador do usuário e também no repositório.

As ferramentas de controle de versões integram-se ao ambiente do desenvolvedor. É possível utilizar a IDE para escrever parte de seu projeto (código fonte) juntamente com um editor de texto para modificar/criar um documento de requisitos por exemplo. Todos os ativos criados ficariam armazenados no sistema de controle de versões, seja este centralizado ou distribuído.

Tal conceito apoiado por um conjunto de ferramentas desperta interesse por parte dos pesquisadores em analisar e otimizar seu uso com relação a produção de software, como é o caso de [7][8][9].

III. METODOLOGIA

A metodologia empregada nesta pesquisa foi experimental, norteada por [10]. Neste caso as variáveis estudadas são conhecidas e os resultados finais são análise sobre a modificação de valores destas variáveis.

O objetivo deste experimento foi determinar se o conhecimento obtido a partir de um processo de residência em software foi suficiente para que um grupo de discentes pudesse resolver um problema advindo do mundo real.

A Figura 1 representa o conjunto de etapas seguidas neste trabalho. É importante salientar que na etapa Execução da Residência os alunos devem resolver o problema exposto. A etapa Teste, também indicada na Figura 1, é o mecanismo de validação da solução, enquanto que a etapa Validação verifica quais as habilidades e conhecimentos adquiridos pelos residentes.



Figura 1- Etapas de execução

A. Definição do cenário problema

O grupo de docentes da UTFPR – (GTI) identificou em uma consultoria uma empresa com um problema crítico de gestão de configurações. O problema foi resolvido e a solução foi implantada com sucesso.

Embora tenha autorização para divulgar o problema, a empresa não autorizou a divulgação de seu nome e por esta razão não é identificada neste artigo. Este cenário reflete um

problema clássico e pode ser considerado como recorrente em várias empresas do setor produtivo de software.

Foram conduzidos aos alunos dois aspectos deste cenário: a caracterização da empresa e um produto com as mesmas propriedades arquitetônicas. O produto original, tratado pelo GTI é de domínio da organização e por este motivo uma versão minimalista, mas com a significância arquitetônica igual foi aplicada na residência. A diferença entre o produto original e o produto da residência foi o desenvolvimento do número de casos de uso. O produto da residência implementou um único caso de uso que representava um cadastro, enquanto que o produto original implementa aproximadamente 70 casos.

A empresa em questão atua no ramo de desenvolvimento de software, conta com uma equipe de 10 desenvolvedores e possui um produto, neste trabalho chamado de P. O produto P é o principal produto da empresa, está implantado em muitos clientes e representa uma parcela significativa do faturamento.

O produto real foi concebido por um arquiteto de software que não atua mais na organização. O conhecimento referente à arquitetura restringiu-se apenas a algumas documentações disponíveis.

O produto P pode ser comercializado para um cliente em sua forma natural, porém existem clientes que necessitam de personalização. A personalização de um cliente pode ser incompatível com outro, além disso, novas atualizações (melhoria ou correções de erros) poderão ser disponibilizadas para todos os clientes e novas versões poderão ser lançadas. Na empresa real, o processo de personalizar o produto para um cliente leva aproximadamente quinze dias.

O processo utilizado pela empresa para a distribuição dos produtos, para seus clientes, pode ser observado na Figura 2. A partir de uma *baseline* é criada uma primeira versão do produto, denominada de PoV1 (Produto Original Versão 1). Este representa o produto de software pronto para comercialização e entrega. A distribuição PoV1, no caso da Figura 2, foi entregue para os clientes 1 e 2. No caso dos clientes 3, 4 e 5, foi necessário efetuar uma personalização no sistema, sendo que a primeira, representada pelo retângulo Pd1 (Produto Distribuição 1), atendeu aos clientes 3 e 4 enquanto que outra, Pd2 (Produto Distribuição 2), atendeu ao cliente 5.

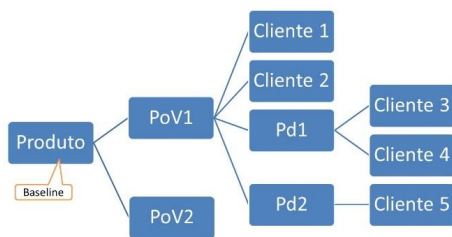


Figura 2 - Estrutura de distribuições abordada pela empresa (adaptado de [11])

A Figura 2, ilustra o processo de como a empresa distribui seu produto para seus clientes. No cenário real em questão o número de clientes é bem maior e não somente 5. A empresa trata cada implantação em um cliente como uma nova distribuição do produto.

Correções de erros, ou melhorias do produto podem ser implantadas. Neste caso quando existe uma modificação em sua versão original, PoV1 da Figura 2, todos os nós associados a esta precisam receber tais atualizações. No exemplo da figura, uma modificação em PoV1, significa atualizar os produtos dos clientes 1 a 5.

Novas versões do produto poderão ser lançadas. Na Figura 2, representada por PoV2, (produto original versão 2). Um cliente pode haver migrar de versão, porém, depende das cláusulas contratuais entre a empresa e seu cliente.

Após apresentação deste cenário o seguinte conjunto de questões foi conduzido para os discentes:

- Como novos desenvolvedores iniciam seus trabalhos?
- Como novas funcionalidades poderão ser implementadas e implantadas?
- Como especificar os processos de gestão de configurações para suprir tal cenário?

B. Protocolo de pesquisa

O protocolo de pesquisa indica quais variáveis foram tratadas em uma pesquisa e como o pesquisador deve portar-se. A Tabela1 contém a descrição dos elementos deste protocolo. Este protocolo foi embasado nos preceitos apresentados por [3].

Vale ressaltar que neste procedimento o *trial*² não foi executado pela experiência do GTI em residência em software e também pela experiência da população selecionada, já atuante no mercado.

No final da execução da residência, os alunos entregaram um relatório e também a estrutura de versionamento, a análise final foi elaborada a partir dos artefatos (relatório e diretório de versionamento) entregues pelas equipes.

Tabela1 - Protocolo de pesquisa

Contexto	Residência em Software, simulação de um problema real, obtido a partir da indústria de software
Objetivo da residência	Capacitar residentes a tratarem uma linha de produto de software com múltiplas distribuições e versões
Participantes	Tutor e alunos do programa de pós-graduação em informática
População selecionada	12 alunos do programa, todos

²Trial trata-se de uma execução preliminar do experimento na tentativa de validar o processo de pesquisa

	atuantes no mercado de software, com ao menos 2 anos de experiência. Os alunos foram agrupados em grupos de 4 participantes.
Artefatos gerados	Uma estrutura de versionamento e um relatório contendo a especificação dos processos necessários
Variáveis Analisadas	Baseando nos dois artefatos gerados foram analisadas as seguintes questões: a capacidade de criação de novas distribuições, a criação de novas versões, a criação de novas atualizações e a criação de novas funcionalidades

Novas funcionalidades	Trata-se de implantar uma nova funcionalidade em uma versão existente e propagá-la para todos os clientes (distribuições) desta versão
Novas versões	Uma nova geração do produto é criada. Clientes poderão migrar da anterior para a posterior de acordo com cláusulas contratuais.

As variáveis indicadas na Tabela2, foram mensuradas em termos de Sim ou Não. Ou seja, a solução proposta pelo grupo pode atender a uma variável ou não. Além disso, quando atende há três escalas que foram medidas. A capacidade de resolver tal problema de maneira automática, parcialmente automática ou manual.

Resolver um problema de maneira automática, neste cenário significa que com a execução de um *script* o problema será resolvido, parcialmente automático quando o processo desenvolvedor precisa executar um conjunto de scripts e manualmente quando o desenvolvedor precisa intervir junto ao software para verificar e validar a ação.

C. Variáveis Monitoradas

Por meio do protocolo, apresentadas pela Tabela1, juntamente com os artefatos gerados, foi possível constatar o quanto cada equipe desenvolveu uma solução aderente ao problema. É importante ressaltar que os resultados apresentados pelas equipes foram analisados individualmente.

Foram gerados dois artefatos por cada uma das equipes. O primeiro trata-se de uma estrutura de diretórios referente ao sistema de controle de versões. Neste caso, todos utilizaram o *Subversion*. Neste diretório cada equipe deveria criar uma estrutura básica de trabalho, que posteriormente, na atividade de teste, deveria, juntamente com os demais alunos alocar 5 distribuições para 5 supostos clientes conforme ilustrado pela Figura 2.

O segundo artefato é um relatório que deve conter um conjunto de especificações de processos, descritos em BPMN³, para que toda a equipe de desenvolvimento fosse capaz de criar novas versões, distribuições e atualizações do produto. Além disso, deve contemplar o início de novos desenvolvedores na empresa.

As variáveis tratadas nesta pesquisa são explicadas pela Tabela2. A primeira coluna, refere-se a qual problema a solução proposta pelo grupo deve resolver, enquanto que a segunda, à sua descrição.

Tabela2 - Variáveis tratadas

Problema (a criação de..)	Definição
Novas distribuições	Criada no momento em que um novo cliente é captado pela empresa. Uma nova área no ambiente de versões deve ser criada.
Novas atualizações	Foi detectado um bug ou uma melhoria. Neste caso esta deve ser propagada para todos os clientes desta versão.

³ Business Process Model and Notation – Notação gráfica para indicar processos de negócio

IV. EXECUÇÃO DA RESIDÊNCIA

A execução da residência seguiu as etapas definidas na Figura1. A execução sistemática de tais etapas garantiu que a residência fosse executada com sucesso e que principalmente o conhecimento fosse gerado e disseminado entre os residentes.

A. Processo de criação ambiente

Nesta primeira etapa o ambiente e o problema foram criados. A criação de tal implicou em adaptações do caso real para dentro da universidade, caracterizando uma simulação. Embora conduzir as características da organização em questão (tamanho, quantidade de colaboradores e clientes) para dentro da residência seja plausível, o produto estudado precisou ser adaptado. Nesta etapa, foi criada uma nova versão, seguindo os preceitos referentes à arquitetura do original, gerando então um produto imaginário, mas com as características do original.

B. O treinamento

Como nivelamento de conhecimento dos alunos, um treinamento de cerca de 8 horas foi desenvolvido em conjunto. Vale ressaltar que os participantes já eram atuantes no mercado e por este motivo o treinamento foi otimizado para tal equipe, uma vez que todos já possuíam certo conhecimento na linguagem Java e principalmente em orientação a objetos.

Este treinamento abordou os assuntos: Java Server Faces, JPA, Subversion e BPMN.

C. Execução da residência

Após o treinamento, esta etapa, com duração de 8 horas, apresentou o cenário, juntamente com o problema e teve como

objetivo conduzir os grupos na resolverem os problemas impostos.

Os grupos apresentaram duas versões do relatório/processo antes do término das 8 horas. Ao final, entregaram a especificação dos processos em BPMN, juntamente com o diretório de versionamento do *Subversion*. As equipes tiveram mais três dias para elaborar um relatório sobre tais processos, sem a modificação deste para compor toda a documentação. Nesta etapa os grupos tiveram acesso a documentação e também ao código fonte do aplicativo.

D. Teste

Nesta etapa, 5 supostos clientes foram criados e cada equipe precisou de demonstrar em formato de seminário como seria a solução do problema. Os clientes criados correspondem à estrutura apresentada na Figura 2, ou seja, havia clientes em que o produto P seria entregue de maneira original e também customizações, representadas em distribuições. Foi exposto também a possível migração de versão da primeira para uma segunda versão nos clientes.

E. Validação.

Após o seminário, baseado na documentação entregue, um estudo sobre a validação das soluções foi efetuado. Neste estudo verificou-se se os artefatos gerados pelos grupos atendiam as necessidades apresentada na seção anterior.

A validação, simulou, com fidedignidade os eventos ocorridos na empresa real. Neste sentido, considerou-se que novas distribuições são criadas a partir da versão original. Para isso, uma cópia dos códigos-fonte desta versão é copiada para um novo diretório, cujo nome remete a identificação do cliente. Além disso, novas funcionalidades, neste produto, significa a necessidade de implementar novas classes/métodos e consequentemente uma nova interface ou segmento desta. Assim que testada, a nova funcionalidade deve ser propagada para todas as distribuições de uma dada versão. Além disso, neste caso, o banco de dados pode ser modificado, com a adição de novos campos.

As correções efetuadas na versão original também são propagadas para todas as distribuições.

Para cada variável analisada, baseada na documentação entregue, foram definidos dois possíveis valores: sim/não. Caso uma variável seja contemplada (valor sim), ainda há 3 níveis em que esta deverá ser classificada.

O nível 3 indica que com apenas um único comando, ou execução de script, a variável foi atendida. Por exemplo, ao criar uma nova distribuição, com a execução de uma linha de comando o grupo criou e copiou o código fonte original para um diretório cujo nome remete ao cliente.

De maneira análoga, mas recorrendo a documentação, se para atender a variável, é necessário executar mais de uma linha de comando/script, então tem-se o nível 2. O nível 1 trata-se de uma solução manual, em que o desenvolvimento precisa compreender conceitos e processos, antes de executar um conjunto maior de comandos, além disso de uma

distribuição para outra, tais comandos podem variar e é necessária intervenção humana para confirmar modificações.

A Tabela3, Tabela4 e Tabela5 relatam os resultados individuais obtidos a partir da análise dos três grupos empregues neste experimento. Vale ressaltar que uma melhor explicação das variáveis analisadas encontra-se na Tabela2.

Tabela3 - ResultadoGrupo 1

Atende		Não	Sim		
			1	2	3
Novas	Distribuições				X
	Atualizações			X	
	Funcionalidades		X		
	Versões				X

Tabela4 - ResultadoGrupo 2

Atende		Não	Sim		
			1	2	3
Novas	Distribuições				X
	Atualizações		X		
	Funcionalidades	X			
	Versões				X

Tabela5 - ResultadoGrupo 3

Atende		Não	Sim		
			1	2	3
Novas	Distribuições				X
	Atualizações			X	
	Funcionalidades		X		
	Versões			X	

V. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou um experimento realizado para tratar questões relativas a linha de produto e sistema de controle de versões no contexto de residência de software.

Para tanto, foram selecionados 3 grupos de profissionais de T.I., alunos do programa de pós-graduação stricto-sensu da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

A partir dos resultados obtidos foi possível constatar que o programa de residência surtiu efeito e fez com que os grupos pudessem resolver os problemas estabelecidos. Analisando individualmente os resultados, nota-se que nenhum grupo deixou de atender o problema de criar uma nova distribuição, ou seja, a documentação entregue, juntamente com a estrutura de diretórios contemplou totalmente esta variável.

O resultado pertinente a atualização não conseguiu ser parcialmente automatizado por um dos grupos (grupo 2). Neste caso, assim que um *bug* fosse corrigido, ao adotar esta solução, a empresa precisaria de intervenção humana para confirmar a correção da distribuição manualmente. O mesmo ocorreu com a funcionalidade que, além disso, torna-se impraticável no caso do grupo 2 (Tabela4).

As novas versões podem ser criadas de maneira automatizada pelos grupos 1 e 2, o mesmo não ocorre com o grupo 3.

A preocupação em se automatizar estas tarefas é um problema eminente do caso real apresentado. Com uma quantidade significativa de clientes (cerca de 100) torna-se inviável executar tais tarefas de maneira manual, com total intervenção humana.

Constatou-se que a automatização dos procedimentos aqui analisados pode significar uma redução de trabalho/tempo dos desenvolvedores, porém, nem sempre há uma solução estável em que seja possível confiar totalmente nos scripts criados. Tal problema é característico, por exemplo, quando uma nova funcionalidade é criada e todas as distribuições são atualizadas sem intervenção humana. Num cenário ótimo, este problema poderia ser resolvido apenas com um *script*, entretanto, as diferenças entre as funcionalidades específicas de cada distribuição torna-o inviável.

Mesmo se aproximando de um resultado ótimo, ou seja, sem intervenção humana, as operações que atualizam as distribuições do produto e inserem novas funcionalidades ainda precisam de intervenção humana. O grupo 1 foi o grupo que mais se aproximou de tal resultado.

Ao final do experimento uma outra questão foi abordada, trata-se do desenvolvimento contínuo das distribuições. Como trabalho futuro espera-se que ao final de uma ação automática, rotinas de build e de teste sejam disparadas para as distribuições, garantindo então que suas funcionalidades básicas estejam em perfeito funcionamento. Esta abordagem será tratada como tema de uma próxima experiência de residência em software.

REFERENCIAS

- [1] J. A. Fabri, A. L'Erario, L. R. C. R. C. Begosso, and F. C. de Lima, "Implementation of Software Residency at a graduation course," in *2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2010, pp. F1H-1-F1H-6.
- [2] A. Sampaio, C. Albuquerque, J. Vasconcelos, L. Cruz, L. Figueiredo, and S. Cavalcante, "Software test program: a software residency experience," in *Proceedings. 27th International*

Conference on Software Engineering, 2005. ICSE 2005., pp. 611–612.

- [3] A. Silveira Duarte, A. L'Erario, A. L. D. S. Domingues, and J. . Fabri, "Proposal of a model to classify software residency environments," in *Information Systems and Technologies (CISTI), 2013 8th Iberian Conference on*, 2013, pp. 1–6.
- [4] A. K. Mahmood and A. Oxley, "A proposed reusability attribute model for aspect oriented software product line components," in *2010 International Symposium on Information Technology*, 2010, pp. 1138–1141.
- [5] G. Ghezzi, M. Wursch, E. Giger, and H. C. Gall, "An architectural blueprint for a pluggable version control system for software (evolution) analysis," in *2012 Second International Workshop on Developing Tools as Plug-Ins (TOPI)*, 2012, pp. 13–18.
- [6] M. J. Rochkind, "The source code control system," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. SE-1, no. 4, pp. 364–370, Dec. 1975.
- [7] Y. Kamei, M. Ohira, A. E. Hassan, N. Ubayashi, and K. Matsumoto, "Early Identification of Future Committers in Open Source Software Projects," in *2014 14th International Conference on Quality Software*, 2014, pp. 47–56.
- [8] L. An, F. Khomh, and B. Adams, "Supplementary Bug Fixes vs. Reopened Bugs," in *2014 IEEE 14th International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation*, 2014, pp. 205–214.
- [9] R. Malhotra, N. Pritam, K. Nagpal, and P. Upmanyu, "Defect Collection and Reporting System for Git based Open Source Software," in *2014 International Conference on Data Mining and Intelligent Computing (ICDMIC)*, 2014, pp. 1–7.
- [10] C. Wohlin, P. Runeson, M. Höst, M. C. Ohlsson, B. Regnell, A. Wesslén, and A. Von Mayrhauser, *Experimentation in software engineering : an introduction*. Boston, London: Kluwer Academic, 2000.
- [11] A. S. Duarte, "Processo de sistematização de ambientes de residência em software brasileiros," Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

Sistema de Gestão de Conteúdos para Portais Institucionais

Content Management System for e-Government Portals

Cláudio Esperança
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
Unidade de Ensino a Distância
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
cesperanc@gmail.com

António Pereira
Centro de Investigação de Informática e Comunicações,
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
INOV INESC INOVACAO - Instituto de Novas
Tecnologias
Leiria, Portugal
apereira@ipleiria.pt

Resumo — Este documento descreve uma solução tecnológica baseada em WordPress, sob a qual foi implementada uma arquitetura que fornece uma base sólida para a construção de portais institucionais, capaz de responder aos novos desafios e boas práticas da gestão da informação na Web. A solução proposta assenta sob um sistema modular, numa arquitetura baseada em eventos, que permite um elevado grau de extensibilidade e evolução do sistema. Apresenta-se como uma solução para construção rápida de websites, adequada a equipas de projeto pequenas, permitindo assim reduzir custos e o tempo de desenvolvimento. O sistema proposto foi concretizado como a plataforma que atualmente suporta os portais institucionais do Instituto Politécnico de Leiria.

Palavras Chave - *Arquiteturas de Sistemas de Informação; Portais Institucionais; Sociedade da Informação, Arquiteturas Web e Aplicações; Gestão de Conteúdos e Distribuição; WordPress.*

Abstract — This document describes some of the advantages of an event-based architecture over a WordPress platform, as a technological solution to build e-Government portals. It provides a solid, modular and dynamic foundation, capable of answering to new challenges and best practices of information management on the Web, without compromising the extensibility and evolution of the system. Suitable for small project teams, it is a solution for rapid website development, thus reducing costs and development time. The solution was implemented as the platform which currently supports the web portals of the Polytechnic Institute of Leiria.

Keywords - *Information Systems Architectures; e-Government; Information Society; Web Architectures and Applications; Content Management and Distribution; WordPress.*

I. INTRODUÇÃO

Com o aumento exponencial da importância da Internet na sociedade, assumindo-se como um dos principais meios agregadores de informação da era digital, os portais Web são muitas vezes o primeiro ponto de contacto com as pessoas,

servindo como um espaço virtual, aberto 24 horas por dia, 7 dias por semana. Neste sentido, e num mercado cada vez mais eletrónico e global, uma presença na Internet torna-se essencial para garantir que os utilizadores têm acesso à informação sobre as instituições, os seus produtos e os seus serviços. De acordo com estatísticas de 2014, existem mais de 3 mil milhões de pessoas com acesso à Internet, ou seja, cerca de 40% da população mundial [1]. Em Portugal, estima-se que mais de 7 milhões de pessoas tenham acesso à Internet, o que se traduz em, aproximadamente, 66% da população portuguesa [2].

Por outro lado, não basta ter um espaço na Internet para garantir o sucesso de uma estratégia de comunicação dado que este é, cada vez mais, um dos primeiros pontos de contacto das pessoas com as instituições. Assim, é importante garantir que a imagem é apelativa e que traduz a identidade da empresa, que o sistema é funcional, robusto, eficiente e que tem atenção as características dos visitantes (como, por exemplo, o idioma, questões de acessibilidade, etc.). É também importante assegurar que o sistema se adequa visualmente e funcionalmente ao dispositivo de acesso (*Responsive Web Design* [3]), que a indexação de conteúdos por motores de pesquisa é facilitada (*Search Engine Optimization* [4]), que o sistema permite a atualização da informação de uma forma simples e rápida, entre outros fatores associados a uma estratégia de comunicação de sucesso na Web.

Não obstante, num mercado tecnológico em constante mutação, não é fácil acompanhar a constante evolução das tecnologias e das plataformas. Com este trabalho pretendeu-se desenvolver um sistema que pudesse evoluir ao longo do tempo, em função das necessidades e do progresso tecnológico, não só durante o ciclo de desenvolvimento mas durante o tempo de vida da solução. Fazia parte dos objetivos do projeto a implementação de uma solução flexível, que permitisse atualizações do sistema (tanto de segurança, como funcionais), alterações gráficas e a evolução do próprio produto. Por outro lado, pretendia-se um sistema cujo seu potencial e

extensibilidade não comprometesse negativamente a sua usabilidade, com o objetivo de garantir um sistema intuitivo, amigável e familiar para os utilizadores da solução, tornando a tecnologia transparente e centrando o sistema nas necessidades e perfis de utilização.

Nas secções II e III são descritos, respetivamente, os requisitos gerais do projeto e a solução proposta. Na secção IV são apresentados alguns factos relacionados com a implementação. Os resultados obtidos são apresentados na secção V, seguindo-se as habituais conclusões na secção VI.

II. REQUISITOS DO PROJETO

Com este projeto pretendeu-se desenvolver uma solução tecnológica para apresentação e gestão de informação em portais institucionais, nomeadamente nos portais do Instituto Politécnico de Leiria. Esta instituição pública de ensino superior que agrega cinco escolas superiores de várias áreas do conhecimento, desde Educação e Ciências Sociais, Tecnologia e Engenharia, Artes e Design, Turismo, Saúde e Desporto, e Ciências Empresariais e Jurídicas. Incorpora vários centros de investigação e unidades de apoio e serve uma comunidade académica de mais de 12000 utilizadores. São parte integrante dos portais da instituição o *site* oficial, os portais das escolas, unidades e serviços, portal de divulgação da oferta formativa, bem como outros *sites* considerados necessários no âmbito das atividades do Instituto Politécnico de Leiria. Foi definido que todos estes portais deveriam seguir uma identidade gráfica comum, adequada aos objetivos de comunicação definidos, com uma navegação transparente para os visitantes. A informação das várias áreas dos *sites* deveria ser gerida por várias equipas distintas, de acordo com as necessidades de cada departamento ou unidade. O sistema deveria ser flexível na organização da informação, permitindo apresentar diferentes tipos de informação com estruturas e/ou estilos visuais próprios e adequados aos dados a apresentar, por exemplo, com recurso a modelos virtuais cuja gestão pudesse ser feita numa camada aplicacional de alto nível (nomeadamente através da área administrativa do sistema). A solução deveria ainda incorporar técnicas de *design* responsivo adaptando o *interface* dos *sites* às características do dispositivo com o qual estivesse a ser feito o acesso à informação pública. Fazia ainda parte dos requisitos do projeto que a solução implementada disponibilizasse suporte a conteúdos em vários idiomas, bem como tivesse em consideração as questões de acessibilidade e usabilidade no acesso à informação, nomeadamente no que diz respeito ao cumprimento das diretrizes WCAG 2.0 e WAI-ARIA 1.0.

Apesar de todos os *sites* seguirem uma identidade gráfica comum, cada portal poderia ter as suas funcionalidades específicas, com requisitos próprios. Assim era importante assegurar que a solução tivesse a capacidade de herdar as funcionalidades base que fossem comuns a todos os *sites* mas que, ainda assim, fosse possível estender e incorporar funcionalidades específicas para cada um dos subprojectos/*sites*. Por outro lado, o sistema deveria permitir o desenvolvimento em paralelo, onde múltiplas equipas de implementação pudessem desenvolver o seu trabalho de forma concorrente, sem conflitos com o trabalho de outras equipas, permitindo acelerar a implementação e disponibilização de

cada um dos portais, mesmo com uma equipa de desenvolvimento relativamente pequena.

O sistema deveria ainda permitir a gestão centralizada de toda a solução, nomeadamente com a aplicação de atualizações de segurança de forma transversal a todos os portais, gestão centralizada de utilizadores, *single sign-on*, etc.

III. SOLUÇÃO PROPOSTA

Face aos requisitos gerais definidos para o projeto, foi proposta uma arquitetura, que permitisse encapsular funcionalidades específicas em módulos, com um baixo nível de acoplamento [5]. Ao modularizar a solução, reduzindo o nível de interdependência das suas funcionalidades, criam-se as condições para a paralelização do processo de desenvolvimento (onde, programadores diferentes, possam trabalhar em funcionalidades diferentes), garantindo também que cada módulo pudesse evoluir de forma isolada em função das necessidades e objetivos de cada subprojecto. Apesar de se privilegiar um baixo nível de acoplamento, dependendo do grau de relação de determinadas funcionalidades, os módulos poderiam ter relações diretas entre si, permitindo estender ou complementar o seu funcionamento. Neste sentido, considerou-se que uma arquitetura baseada em eventos [6] poderia ser uma boa solução para a troca de informações e invocação de funções entre os vários módulos que compõem a solução. Segundo o paradigma proposto, numa primeira fase do fluxo de execução/interpretação de um *script*, funções e/ou métodos registam-se como “ouvintes” de uma determinada ação, evento ou filtro. Depois desta primeira fase, ao longo do restante fluxo de execução, estas ações ou eventos são despoletados permitindo que as funções registadas como “ouvintes” sejam executadas no contexto dessa ação/evento. Este modelo facilita o processo de modularização da arquitetura, delegando nos módulos a responsabilidade de se associarem aos eventos ou ações, para concretizarem os comportamentos específicos associados a essas mesmas ações. Assim, o sistema não tem de conhecer a arquitetura de cada um dos módulos ou apresentar uma API rígida sob a qual a funcionalidade tenha de ser implementada; o sistema apenas necessita de fornecer os *hooks* aos quais o comportamento de cada um dos componentes vai ser associado.

Dado que as funcionalidades estão encapsuladas em módulos, esta arquitetura permite que os módulos possam ser removidos sem comprometer o funcionamento geral da solução (ignorando a perda de funcionalidade associada aos componentes removidos). Por outro lado, ao permitir a associação de múltiplos “ouvintes” a um mesmo filtro, estamos ainda a permitir a implementação de um possível comportamento em cascata. Deste modo, o sistema pode fornecer um conteúdo inicial associado à execução de um evento, que vai sendo modificado por cada uma das funções ou métodos associados a esse mesmo filtro, modificando o conteúdo de acordo com o comportamento pretendido. Por exemplo, podemos ter um *hook* responsável por filtrar o conteúdo de uma página HTML onde, antes do conteúdo ser enviado para o cliente. Neste exemplo, com recurso a expressões regulares (ou outro mecanismo de processamento de texto), cada módulo pode substituir uma parte do conteúdo fornecido pelo sistema e dos módulos anteriores, pelo código

final com a concretização da funcionalidade específica que lhe está associada (que, após a conclusão de todo o processamento, será enviado para o cliente).

A solução baseada em eventos permite simplificar a arquitetura geral solução, através da implementação de um micro núcleo responsável por identificar e carregar cada um dos módulos adicionais, fornecendo uma API simplificada para a gestão dos *hooks*/eventos.

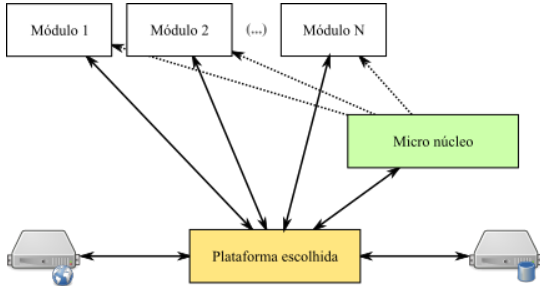


Figura 1 Funcionamento geral da solução

A Figura 1 representa o funcionamento geral da solução proposta, cujo comportamento podemos descrever por etapas:

1. A plataforma carrega o micronúcleo, através da API disponibilizada pela própria plataforma;
2. O micronúcleo indexa e carrega os módulos encontrados;
3. Ao serem carregados, os módulos são inicializados, associando os seus métodos e/ou funções aos respetivos eventos disponibilizados pelo sistema;
4. A plataforma (se suportar) ou o próprio micronúcleo continuam o fluxo de execução normal da aplicação, invocando as funções associadas a cada um dos eventos a serem executados;
5. Após o fluxo de execução estar concluído, e de todas as ações associadas a esse pedido estarem terminadas, o resultado final é devolvido ao cliente.

Atualmente, apesar de existirem muitas soluções para plataformas para gestão de conteúdos na Web, encontrar uma solução que cumpra todos os requisitos e satisfaça todas as necessidades de um projeto com um âmbito tão amplo como o proposto, pode revelar-se algo difícil. Neste sentido, poder-se-ia ter optado por um de dois caminhos: o desenvolvimento de uma solução à medida, ou a adaptação de uma plataforma existente de acordo com as necessidades e objetivos do projeto. Dada a dimensão da pequena equipa de desenvolvimento e o pouco tempo disponível para a apresentação de uma solução, optou-se por basear o trabalho numa plataforma existente, que fornecesse uma base sólida e flexível, sob a qual seria implementada e desenvolvida a arquitetura proposta. A seleção da plataforma base propriamente dita obedeceu aos seguintes critérios:

- Extensibilidade da solução – a solução devia suportar extensões, módulos e/ou temas que permitissem

estender e personalizar o funcionamento da solução; A compatibilidade com uma arquitetura orientada a eventos seria também considerada uma mais-valia;

- Base instalada – dado que não existia nenhuma empresa envolvida no projeto à qual pudessem ser contratados serviços de suporte, a solução deveria ter uma grande base instalada, suportada por uma comunidade ativa e dinâmica, que permitisse identificar soluções para os eventuais problemas que pudessem ser encontrados;
- Licença de código aberto – o código da plataforma deveria estar totalmente disponível, sob uma licença de código aberto, que permitisse a inspeção de código e conhecer o funcionamento interno da API disponibilizada;
- Documentação adequada – a solução deveria ter uma boa documentação que fornecesse, pelo menos, os conhecimentos básicos para tirar o máximo partido das funcionalidades do sistema;
- Preocupações de segurança – o sistema deveria ter especiais preocupações com a segurança, fornecendo apoio e mitigando problemas de segurança de forma célere e eficiente;
- Atualizações de *software* – o sistema deveria oferecer atualizações de forma regular, para resolução de problemas, falhas de segurança e incorporação de novas funcionalidades, com especial cuidado no que diz respeito às questões de retro compatibilidade com *software* desenvolvido para versões anteriores da API;
- *Know-how* da solução – uma experiência anterior com a solução, por parte da equipa de desenvolvimento, seria também um fator a ter em consideração, dado que isto poderia permitir encurtar os ciclos de desenvolvimento.

Atendendo aos pontos anteriores e, depois de uma análise comparativa entre várias das soluções mais conhecidas (WordPress, Drupal, Joomla e Sharepoint), a escolha recaiu sob a plataforma WordPress como a solução tecnológica base que iria suportar toda a solução. Historicamente, o WordPress começou por ser um Sistema de Gestão de Conteúdos muito direcionado para criação, gestão e apresentação de informação no formato de blogs. No entanto, apesar de no momento da avaliação ainda ser muito utilizado para este fim, verificou-se que a plataforma se assumia, cada vez mais, como um dos sistemas de referência para a gestão de conteúdos para a Web. Sendo uma das plataformas mais utilizadas à data [7], com uma das maiores e mais ativas comunidades de utilizadores do mundo, estava garantida alguma segurança e rapidez na resolução de eventuais problemas. Outro dos motivos que fundamentou esta escolha foi a abrangência da plataforma [6] onde, através de extensões ou de temas, era possível adicionar funcionalidades ou personalizar o funcionamento da ferramenta de acordo com as preferências ou necessidades dos projetos a desenvolver. Verificou-se ainda que, o WordPress apresentava uma particular preocupação com as questões de retro compatibilidade da API, tentando garantir que os

processos de atualização ocorriam sem incidentes, mesmo quando existiam módulos desenvolvidos para versões anteriores dessa API. Do ponto de vista da segurança, o WordPress contava com uma equipa de segurança própria [7] (entre programadores e especialistas de segurança) que em conjunto com a comunidade, tentavam garantir a segurança da solução. Constatou-se que, no momento da análise das possíveis soluções, o WordPress implementava uma funcionalidade que permitia que a própria plataforma aplicasse atualizações de segurança, de forma automática e sem a intervenção direta dos administradores do sistema. Para além de ser uma plataforma completamente gratuita e disponibilizada sob uma licença de código aberto, tecnicamente a documentação era bastante completa e o código fonte estava bem documentado. A API não era tão estruturada ou rígida como noutras plataformas, o que permitia alguma flexibilidade no desenvolvimento de soluções à medida [8]. O WordPress fazia uso da arquitetura orientada a eventos, através de ações e de filtros (*hooks*) [9] permitindo que, em momentos concretos do fluxo de execução associado ao processamento de um determinado pedido, fossem executadas as funções ou métodos necessários para modificar o comportamento da solução [8]. Verificou-se que, com este sistema, seria possível criar uma arquitetura modular, estendendo e adaptando as funcionalidades do WordPress às necessidades específicas de cada projeto a ser desenvolvido [6][10].

A partir do conceito que definia o funcionamento geral da solução e, atendendo às funcionalidades e potencialidades da plataforma WordPress, foi definida a arquitetura que serviu de base à solução implementada (Figura 2). Nesta proposta, temos uma instalação WordPress *multisite* onde, para cada projeto com funcionalidades e/ou equipa de gestão específicas, seria disponibilizado um *site*, ao qual seria associado um tema específico que encapsulava todas as funcionalidades para esse subprojecto. Aproveitando as capacidades de herança de temas do WordPress (onde um determinado tema podia herdar aspetos funcionais e visuais de um tema pai), as funcionalidades comuns a todos os *sites* seriam incorporadas num tema base comum, que seria estendido por cada um dos temas-filho/específicos a aplicar a cada subprojecto. Por outro lado, as funcionalidades específicas de cada projeto seriam então implementadas sob a forma de módulos associadas aos temas específicos de cada *site*, evitando colisões ou conflitos com outros *sites* que estivessem a partilhar a mesma instalação WordPress. Desta forma, complementados pelas funcionalidades fornecidas pelos módulos do tema base, os temas específicos encapsulam todas as funcionalidades para o correto funcionamento de um *site*, de forma completamente isolada dos restantes *sites* do sistema. Não obstante, e rentabilizando as capacidades fornecidas pela plataforma WordPress, a solução contemplava a possibilidade de se recorrer às milhares de extensões desenvolvidas e disponibilizadas pela comunidade para enriquecer o sistema, fornecendo acesso a funcionalidades adicionais de forma rápida e simples. Apesar de, por questões de segurança e de controlo sob a solução, se ter privilegiado o desenvolvimento de módulos à medida em função das necessidades de cada subprojecto, recorreu-se a extensões para solucionar, de forma mais simples e rápida, problemas relacionados com a gestão

de conteúdos em vários idiomas ou com a gestão de formulários para recolha de informação.

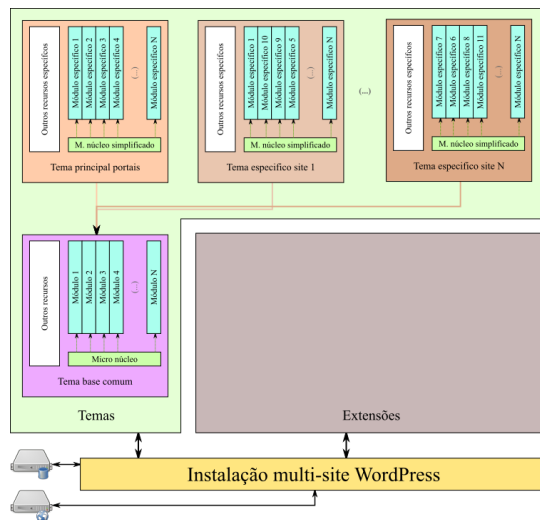


Figura 2 Funcionamento geral da solução

A Figura 2 representa a arquitetura da solução onde, como resposta a um pedido de um cliente a um dado *site*, são executados os seguintes procedimentos:

1. O sistema carrega as extensões ativas e o tema aplicado a esse *site*;
2. O micronúcleo simplificado do tema específico indexa e carrega os módulos específicos associados a esse tema e, carrega ainda, o micronúcleo do tema base, com os módulos comuns a todos os temas;
3. O micronúcleo do tema base indexa e carrega também os módulos específicos desse tema.

Quando um determinado módulo é carregado, é sua a responsabilidade da associação dos seus métodos aos *hooks* fornecidos pela API do WordPress. Caso seja necessário, os módulos do tema específico e/ou tema base podem interagir entre si, bem como com a API das extensões que estejam ativas para esse *site* no sistema. No entanto cada módulo deve garantir que a não-existência de um determinado módulo ou extensão da qual a sua funcionalidade dependa, não compromete o normal funcionamento da plataforma (degradação graciosa).

Apesar de, conceptualmente, as extensões serem os mecanismos privilegiados para estender funcionalidades no WordPress, com exceção de algumas funcionalidades específicas, não existem grandes limitações técnicas que impeçam o encapsulamento de aspetos funcionais relacionados com a API do WordPress em temas. No âmbito desta solução consideraram-se as vantagens desta abordagem, permitindo incorporar toda a funcionalidade necessária para o correto funcionamento de um portal no tema específico que o suporta, sem riscos de comprometer o funcionamento dos restantes

portais disponibilizados pela mesma solução. Esta flexibilidade contrapõem-se ao cenário onde seriam utilizadas extensões genéricas comuns a vários portais, onde, a personalização ou evolução de determinada extensão poderia comprometer o funcionamento do sistema em outros portais que dela dependessem.

Ao disponibilizar todos os *sites* sob uma única instalação partilhada do WordPress, torna-se possível otimizar recursos tecnológicos, centralizando a solução num único sistema, facilitando o processo de gestão da plataforma, criação de *sites*, autenticação, gestão de utilizadores, atualizações de segurança, cópias de segurança, etc. Para os gestores de conteúdos a solução é totalmente transparente, podendo ser percebido que cada *site* é uma instalação própria isolada, quando na realidade se trata de um ambiente partilhado. Para os visitantes, dado que existe a partilha de um tema base sob o qual todos os temas específicos se baseiam (para garantir a tal consistência visual que se pretendia), dando a perceção que se trata de um enorme portal, quando na realidade são vários portais distintos, geridos por equipas diferentes, sob uma única plataforma.

IV. IMPLEMENTAÇÃO

A implementação da solução base demorou cerca de 3 meses e utilizou várias tecnologias, ferramentas e linguagens, nomeadamente a pilha de *software* LAMP (ou seja, sistema operativo GNU/Linux, servidor Web Apache, sistema de base de dados MySQL e o interpretador de linguagem PHP), HTML5, CSS3, JavaScript, PHP5, Groundwork CSS, jQuery, TinyMCE, Git, Redmine, NetBeans, VIM, Vagrant, Puppet, VirtualBox, Node.js, SASS, Compass, CSS Autoprefixer, CSS Optimizer, CSSmin, Concat, JSHint, UglifyJS, Grunt, entre outras.

O processo de desenvolvimento do projeto baseou-se na metodologia *Design-Driven Development* (D3) [11] para identificação das funcionalidades e aparência de cada um dos subprojectos. Com base neste modelo, o *designer* gráfico reunia com as equipas (clientes) de cada subprojecto e identificava os objetivos e necessidades. Depois, apresentava à equipa de desenvolvimento os *mock-ups* das propostas gráficas com a interpretação do funcionamento da solução, para que os programadores se pudessem pronunciar com a exequibilidade da mesma, num processo iterativo até existir uma proposta gráfica final a apresentar ao cliente. Por sua vez, a equipa cliente pronunciava-se sobre a proposta aceitando ou propondo melhorias. Este processo era repetido até se ter uma proposta gráfica final que era depois implementada pela equipa de programadores.

Na primeira fase deste projeto e, associados ao tema base, foram desenvolvidos cerca de 40 módulos que implementavam funcionalidades comuns a todos os portais desenvolvidos, através dos temas específicos que estendessem a funcionalidade a partir deste tema base. Estes tratavam de questões como suporte a múltiplos idiomas, criação de mapas de navegação em *sites*, questões relacionadas com *Search Engine Optimization* (SEO), gestão de menus, incorporação da *framework* de *Cascading Style Sheets* (CSS), galerias de imagens, entre muitas outras funcionalidades. No que diz respeito aos temas específicas, na primeira fase do projeto

foram implementados cinco temas específicos, com cerca de uma dezena de módulos específicos, associados a nove portais distintos. Como exemplo de um módulo específico temos o módulo para gestão da oferta formativa no portal de cursos do Instituto Politécnico de Leiria, ou o módulo de apresentação das aquisições mais recentes do portal dos Serviços de Documentação da instituição.

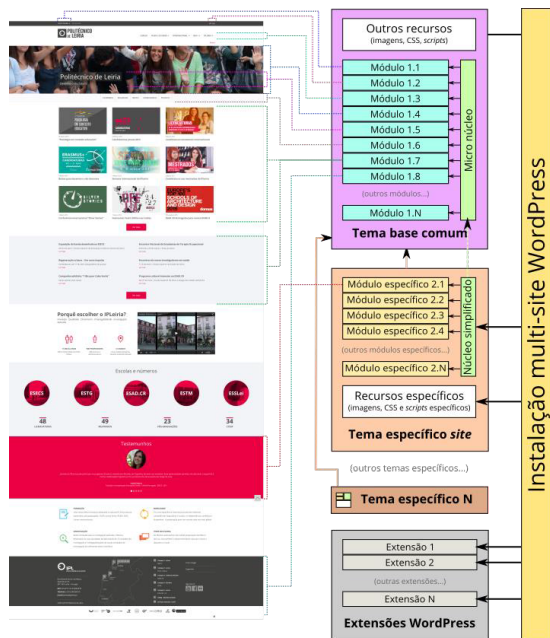


Figura 3 Funcionamento geral da solução

V. RESULTADOS

Atualmente a solução implementada está em produção há cerca de um ano e suporta 18 portais públicos, incluindo o portal principal da instituição, os portais das escolas e os portais de alguns serviços e unidades. Paralelamente estão atualmente a ser desenvolvidos 5 outros portais, sendo expectável que o projeto continue a crescer ao ritmo de vários portais ao ano. A solução suportou cerca de um milhão de visitas e gerou cerca de quatro milhões de páginas. Forneceu ainda 250000 transferências de documentos e respondeu a um pouco mais de 20000 pesquisas (ignorando as pesquisas com origem nos motores de pesquisa). Aloja cerca de 500 páginas de conteúdo, 1300 notícias, 7200 ficheiros multimédia, mais de 300 cursos e registou cerca de 20000 alterações de conteúdos ao longo do projeto. Durante este período, estiveram envolvidos no projeto um pouco mais de uma centena de editores de conteúdo, três programadores, um *designer* gráfico e dois administradores de sistema.

No que diz respeito ao desempenho da solução, verificou-se que o tempo médio de carregamento integral da página se situou em 1.09 segundos, um valor que pode ser considerado positivo, dado modelo gráfico utilizado para a apresentação de informação nos *sites* desenvolvidos (*single page design*, onde

se privilegiaram páginas com mais informação com o objetivo de simplificar a organização da informação). Este valor foi atingido sem a aplicação de qualquer mecanismo de *cache* ao nível do PHP ou de conteúdos HTML.

Do ponto de vista funcional, verificou-se que os gestores de conteúdos adotaram o novo sistema sem grande resistência, assegurando a gestão da informação de forma autónoma e sem grande intervenção da equipa técnica, o que demonstra que a solução cumpre o objetivo de ser simples e funcional para este perfil de utilizadores. Verificou-se ainda que os *front-end developers* responsáveis pela implementação de novos portais no sistema conseguiram utilizar o sistema na sua plenitude, reconhecendo os benefícios da arquitetura proposta. Comprovou-se ainda que a solução proposta apresenta uma arquitetura suficientemente flexível para o desenvolvimento rápido de portais para a Web, claramente beneficiada pela organização em módulos e com uma comunicação baseada em eventos.

No que diz respeito às atualizações da plataforma WordPress, a solução implementada foi disponibilizada ao público sob a versão 4.1 (embora tenha estado em testes internamente desde a versão 4.0). Atualmente a solução está a funcionar sob a versão 4.4.2, depois da aplicação de perto de uma dezena de atualizações, sem terem sido identificados quaisquer problemas com o código desenvolvido ou com a arquitetura proposta.

VI. CONCLUSÕES

Este projeto apresentou uma solução tecnológica de suporte à construção de portais institucionais, baseada em WordPress, aplicada aos portais institucionais do Instituto Politécnico de Leiria. Mostrou-se como uma plataforma de código aberto, bastante utilizada no mercado, pode ser adaptada às necessidades mais específicas de uma instituição, sem comprometer o funcionamento e tirando partido das vantagens da própria solução, numa arquitetura modular e extensível.

Os resultados obtidos demonstram que a solução proposta apresenta várias vantagens por permitir o desenvolvimento rápido de portais, principalmente quando se paraleliza o processo de desenvolvimento. Por outro lado, a arquitetura apresentada provou ser suficientemente flexível para acomodar todos os requisitos específicos de cada subprojecto, fornecendo soluções para os desafios e necessidades que foram sendo identificadas durante o ciclo de desenvolvimento de cada um dos portais. Ao propor uma solução modular com um baixo nível de acoplamento e com o isolamento de funcionalidades entre subprojectos, verificou-se que muitos dos módulos desenvolvidos puderam ser readaptados a outros cenários de utilização, fornecendo uma resposta mais rápida e eficiente a outras das necessidades que foram sendo identificadas.

Uma API flexível e uma arquitetura baseada em eventos fornece também uma base interessante para o desenvolvimento rápido de *software*, não só por permitirem a paralelização de trabalho anteriormente descrita, mas também facilitarem a integração e modificação do comportamento de funcionalidades num sistema, sem que este tenha de fornecer

uma API com métodos específicos que tenderão a introduzir incompatibilidades com extensões desenvolvidas para versões anteriores do *software* à medida que a API vai evoluindo. De facto, verificou-se que os processos de atualização da plataforma base não introduziram quaisquer problemas ao funcionamento da solução, mostrando a solidez da arquitetura proposta. Isto torna-se ainda mais relevante quando todos os *sites* são disponibilizados sob uma única instalação partilhada que, como foi referido, permite otimizar recursos tecnológicos, facilitando o processo de gestão da plataforma, criação de *sites*, autenticação, gestão de utilizadores, atualizações de segurança, cópias de segurança, entre outros.

Constatou-se que uma solução deste tipo permite reduzir de forma considerável os custos de desenvolvimento e manutenção, apresentando uma solução adequada ao desenvolvimento rápido de portais institucionais, mesmo com uma equipa de técnica relativamente pequena. A disponibilidade da equipa e o envolvimento dos editores no desenvolvimento do projeto é importante, para que as pessoas se sintam motivadas e parte da solução. Apesar do projeto ter sido desenvolvido como resposta ao caso particular dos portais institucionais do Instituto Politécnico de Leiria, considera-se que a solução proposta pode ser aplicada em outras instituições com um perfil semelhante ao desta instituição.

Como trabalho futuro pretende-se continuar a evoluir a solução implementando novas funcionalidades, tais como mecanismos de *cache* e de execução de eventos não relacionados de forma concorrente, que permitam aumentar a eficiência e o desempenho do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Number of Internet Users, Internet Live Stats. [em linha], 2014. <<http://www.internetlivestats.com/internet-users/>>. [Acedido a 10 de janeiro de 2016].
- [2] Internet Users by Country, Internet Live Stats. [em linha], 2014. <<http://www.internetlivestats.com/internet-users-by-country/>>. [Acedido a 10 de janeiro de 2016].
- [3] Responsive Web design, A List Apart. [em linha], 2010. <<http://www.alistapart.com/articles/responsive-web-design/>>. [Acedido a 11 de janeiro de 2016].
- [4] Search engine optimization, Wikipedia, The Free Encyclopedia. [em linha], 2015. <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Search_engine_optimization&oldid=650068288>. [Acedido a 11 de janeiro de 2016].
- [5] Systems and software engineering - Vocabulary, ISO/IEC/IEEE. 2010. <http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=50518>. [Acedido a 13 de janeiro de 2016].
- [6] Brazell, A. WordPress Bible, Wiley Publishing, Inc. 2010.
- [7] Rosso, S. WordPress Security White Paper, WordPress. 2015.
- [8] Ratnayake, R. WordPress Web Application Development, Packt Publishing Ltd. 2013.
- [9] Plugin API, WordPress.org. [em linha], 2015. <http://codex.wordpress.org/Plugin_API>. [Acedido a 15 de Janeiro de 2016].
- [10] Using WordPress for Web Application Development: Rethinking Architecture, tuts+. [em linha], 2013. <<http://code.tutsplus.com/tutorials/using-wordpress-for-web-application-development-rethinking-architecture--wp-33880>>. [Acedido a 15 de janeiro de 2016].
- [11] Design Driven Development, D3 Foundation. [em linha], 2007. <<http://www.designdrivendevelopment.org/explore/index.html>>. [Acedido a 11 de Março de 2015].

A Multi-perspective Integrated Framework of Critical Success Factors for Supporting On-line Shopping

M. L. R. Varela, M. F. Ferreira, G. G. Vieira,
Department of Production and Systems, School of
Engineering, University of Minho
Guimarães, Portugal, leonilde@dps.uminho.pt,
miguelfloriano@hotmail.com, gaspar_vieira@hotmail.com

V. K. Manupati, K. Manoj
School of Mechanical Engineering,
Division of Manufacturing, VIT University,
Vellore, Tamil Nadu, India.
manupativijay@gmail.com, kakarla.manoj2013@vit.ac.in

Abstract — E-commerce promotes economic growth by enabling online shops to compete within a global market scenario. There are critical success factors that permit to distinguish a good business on the Internet and this knowledge may allow reaching an important competitive advantage for business sustainability. As many disciplines are involved, when determining critical success factors, e-commerce requires an effective coordination and integration in a collaborative way. In e-commerce, as well as in any other ecosystem, the breaking down of some integrating elements may provoke a collapse on the whole system. The various stakeholders involved in a given business should, therefore, be involved and work together to achieve a high quality product that fully satisfies the end customer's needs and wishes. To meet the above requirement, this paper proposes a multi-perspective critical success factors (MPCSF) model for online shopping.

Keywords - E-commerce; success factors; multi-perspective model, online shopping support.

I. INTRODUCTION

E-commerce has emerged as an interesting alternative way of commerce, which has emphasized its relevance to the growing instrumentalization of the web and the intensification of alternative ways of creating value [1]. Essentially, e-commerce is a type of e-business involving goods, services and information in which the parties involved do not always meet physically but interact electronically. The benefit of e-commerce is of course evident. For example, the potential of placing orders, transferring sales data and inventory information, and conducting the transactions online can significantly reduce business operations cost and increase the speed of business activities.

Given the existing competitiveness in the nowadays global market context, there is an increasing need to reach the maximum number of customers within particular niche markets. E-commerce provides many opportunities for business to reach markets that have never been possible to reach before the Internet age. Therefore, e-commerce can create significant value and generate extra sales through the virtual marketplace. Although e-commerce is already being widely explored, there is still considerable margin of growth to its maturity [2]. Furthermore, there is no guarantee that

companies selling their products and services through Internet channels will be successful. Many businesses have now realized that installing computer networks inside the company and creating a website may appear easy. But building a profitable business to fulfil customer's orders online is actually a lot harder. A major challenge for e-commerce success lies in the question of how to use e-commerce to help create a sustainable competitive advantage [3].

There are a vast number of studies demonstrating the successful implementation of e-commerce, in many industrial sectors [2], which led to a strong motivation for this work, in order to further the study of the critical success factors for implementing successful businesses through e-commerce from multiple perspectives.

Thus, in this paper, a study of the whole process of e-commerce, with special focus on critical success factors is presented and discussed. The paper is organized as follows. In section 2, a brief description of the market behind e-commerce is presented. In section 3 an extensive review on the state of the art is included, with the research gap identified. Section 4 proposes a multi-perspective critical success factor (MPCSF) model and discusses, in detail, each of the success factors to be considered when putting forward an on-line shop. Finally, section 5 presents some conclusions and planned future work.

II. MARKET DESCRIPTION

The competitive global market of today requires companies to be in all parts of the world at the same time. E-commerce is a sophisticated tool for opening new business opportunities with a considerable competitive advantage over local markets [4]. Although there is already a great adherence and growth of e-commerce, it is expected that this still has a high degree of progression.

The demand for niche markets and marketing allies could revolutionize the new e-commerce. Recent technological changes allow cementing online business by providing payment procedures in a safer way up to highly effective logistic companies. The whole process of creating online stores involves many techniques and multidisciplinary areas, requiring a synergy of skills for obtaining the desired result [5]. Thus, much attention has to be paid to a variety of subjects related with this issue, including the study of implications of e-

commerce at different levels of impact, particularly in terms of human behaviour and preferences, as well as the analysis of alternatives for its implementation.

Understanding what drives an on-line shopper to buy online through a website, as an alternative to traditional commerce is one of the goals that distinguish a successful project, from an inconsequential attempt. A well-known challenge for a successful on-line business provider is that it needs involvement from multiple disciplinarians, such as engineering, design, computing, communications, marketing and even psychology.

Along with the increasing success of e-commerce in global markets in recent years, especially since middle 1990s, it has been recognized that e-commerce success has been hampered by a number of reasons. One of which is the lack of conceptual frameworks that can develop and provide effective success measures [6]. The work presented in this paper is motivated by this recognition and aims to contribute to the development and provision of an integrated framework to define critical success factors for online shopping. The following section will provide a comprehensive literature review on the topic.

III. STATE OF THE ART

E-commerce has not evolved at the same rate in quality, although there has been a rapid growth in terms of quantity. The possibility of creating an online store and start selling immediately, without huge investment cost as an obstacle, has provided many people with no relevant knowledge to invest in this area. It is easy to prove this observation by searching online stores which, for instance, simply do not allow the understanding of how one can buy a product when being faced with a confusing website that encourages the user to immediately close the web page, even before watching its contents.

Therefore, there is still much room for improvements, by applying the logic of critical success factors. Although there are some online stores performing relatively well, designing an online store without any insightful investigation of potential success factors may turn out to be hard to succeed..

There has been a considerable amount of work carried out to identify, to measure and to evaluate critical success factors in e-commerce in recent years. Those identified, measured and evaluated success factors can be classified using a number of classification schemes (see for example, [7-13]).

The mainstream on this research classified success factors into five main categories, i.e. technology acceptance factors, social factors, cognitive factors, ethical factors and environmental factors.

Firstly, technology acceptance factors are mainly focused on the websites, including website quality and website design. Majority of the work identified information quality and system quality as the two main factors to reflect website quality [7,8]. Some work extended the website quality to also include service quality [9]. Originally, five dimensions were defined for physical marketplace service quality: tangibles, reliability, responsiveness, assurance and empathy [14]. In e-commerce context, methods of measuring success differ from physical marketplace service. E-service quality is therefore defined as

the overall customer assessment and judgment of e-service delivery in the virtual marketplace [9]. Website design factors have been diverse; they range from usability and usefulness to interactivity and explicitly [13]. Among which, usability is probably the widely discussed factor. For example, does the website have a good structured navigation system for customers to explore the website contents and easily find their desired products or services? Of course, website design and website quality are closely related to each other. Some authors have suggested that website design, fulfilment/ reliability, privacy/security and customer services are the determinants of customer judgments of quality and satisfaction, customer loyalty and attitudes towards a company's online business [15].

In terms of social factors, those on the top of the list include the sense of virtual community, and the use of social media in online shopping, for example, in the luxury online shopping [11]. Online shoppers use blogs, customer reviews etc. to help their purchase decisions. By interacting with other customers, online shoppers feel a strong sense of community and gain satisfaction from others' feedback on the products or services that an online shop provides. Some shoppers think that peer-customers' words are more trustworthy than what specialists' marketing pitches [16].

Many other authors have, however, identified trust as an ethical factor. Trust perhaps has been one of the most discussed factors and that is why it spans across both social and ethical categories [17,18]. No matter to which category should trust belong, the basic meanings of trust in the e-commerce context are almost the same, i.e. about practicing privacy policies, describing products and services online objectively and honestly, and maintain transparency of the online business operations [19]. Some research has even investigated the relationship between knowledge and trust and found a positive relationship between them. Therefore a suggestion is made that online retailing practice should make the public more knowledgeable e.g. about the online transaction security mechanisms in order to build up user's trust in online shopping [20].

Environmental factors to ensure e-commerce success have not been discussed as widely as the other four categories. Only recently, a research on e-commerce trends and development to enhance online customer's satisfaction in China observed three important environmental success factors: government regulations, payment systems, and logistics systems [21].

Another interesting classification of success factors is based on the process stages of online shopping. It seems that most research in the context of B2C context agrees on a four-stage process model for online shopping: information, agreement, settlement, and after-sale stages [12,22]. A process model for C2C e-commerce (online auction) defined the four stages as information, communication, distribution and transaction [23]. New critical success factors developed in the process models include trade safety, governance and order, reputation and scale, communication channel, information search, transaction process and copious information.

A third classification scheme is more generic, which only have two categories of success factors: customer-centric factors

and website-centric factors [10]. The work based on the case of Japan finds out that customers are more concerned about the customer –centric factors, especially customer’s education level, creativity, and net-orientation. It seems that Japanese customers do not worry about that much about e-service quality, which is a key success factor in the website-centric category.

Based on the above comprehensive review on literature, it is evident that there have been a huge number of success factors for e-commerce being defined, and that those factors are often discussed in isolation or from a particular perspective, which limits the contribution of existing work to online shop design and implementation practice. E-commerce is a complex e-business process, which requires knowledge from multiple disciplines to make it successful. Therefore, there is a clear need to develop a more advanced framework that can integrate critical success factors from multiple perspectives for online shopping. It is expected that such a multi-perspective integrated framework can provide effective guidance to e-commerce provider’s design and implementation of successful online stores.

IV. A MULTI-PERSPECTIVE FRAMEWORK INTEGRATING E-COMMERCE SUCCESS FACTORS

E-commerce is undoubtedly the future that most companies will have to face. However, the fact of creating an online store does not mean guaranteed success.

E-commerce presents fresh challenges that set around a multidisciplinary environment and that must be in harmony, as there are complementary aspects arising from each area, which have to be considered and integrated, as a requirement for success [24].

Just like a real physical shop, also in e-commerce it is not just the commercial part that is implied but a whole set of assumptions that must be guaranteed and controlled. The internet is a medium with its own characteristics, where every detail must be thought out carefully so that the end result is as expected.

This paper proposes a multi-perspective model for critical success factors (MPCSF), as shown in Figure 1. The success factors included in the MPCSF model have to be considered in an integrated manner when putting forward an on-line shop and corresponding website. The authors of this paper believe that all the success factors should be considered simultaneously from multiple perspectives (technological perspective such as web design usability, social perspective such as social networks, etc.), across different e-commerce life cycle stages (e.g. pre-sale, information stage and supply chain). This proposed inter-disciplinary approach includes branding and marketing in Business Management discipline; communication support in Technology and Engineering discipline; and quality data processing in Science discipline. After it is combined with the classification schemes discussed earlier in Section II (i.e. customer-centric and website-centric, and process-based classification).

The concept of e-commerce (Figure 1) is similar to the solar system, where the e-commerce is the central star and it must include on its orbit all the other stars. Once one of the

surrounding stars gets lost from its orbit the whole system’s stability can be checkmated. Whether for lack of credibility, poor branding concept or simply due to a poor visibility, any failure on one of the factors implies that the project may not work properly and there are plenty of online stores that just do not sell. Next, each of the proposed critical success factors will be analyzed separately.

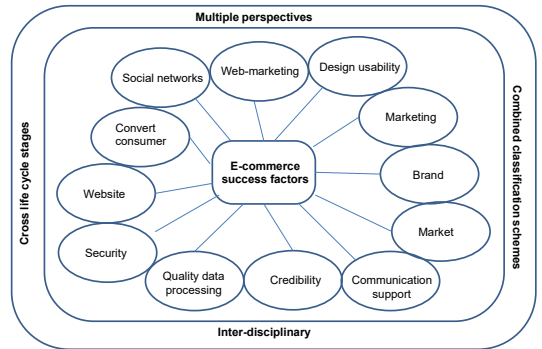


Figure 1. An integrated conceptual model of critical success factors for e-commerce.

A. Social Networks

Social networks have changed the way people communicate; it was like reinventing something we did naturally, with a slower speed. The initial idea was aimed at friends to join on a virtual network where they could communicate about everyday’s life. This phenomenon has exceeded expectations and inevitably began to move towards the business world. If customers are concentrated on a particular community, nothing is more natural than participating on it.

Nowadays, all major brands present themselves within this environment, trying to reach a huge market with a multiplying growing effect [25]. Applying the phenomenon of social networks to e-commerce, has the additional advantage of reaching people that are already regular users of the Internet, and to capture their attention to new products and services requires a good communication and marketing strategies to be implemented. Thus, one can gain customers through these communication engines, enhancing the target market.

B. Web-marketing

Although a segment of the Marketing, the Web- Marketing deserves special mention, for conceiving a fantastic store, in terms of design and image, may seem to be good enough for becoming very successful. However, imagine how disastrous it would be if no one would pass on the street where the shop is located and the same may happen regarding online stores (<http://www.acepi.pt>).

Search engines provide the initial dialogue between consumers and online stores; therefore a good positioning or ranking of a website is of utmost importance. Search engines, like Google, also have tools to measure how many times certain words are searched and analyze all statistical data about the number of

visitors about a given online store. Hence, improving search strategies is another important success factor.

There are several ways for enabling good rankings of websites within searching engines, which turns out to be even more important when a website includes sponsored links. The best way to attract potential customers is to accurately know the market where it operates, so that the whole effort is focused in favour of the business [25].

C. Design Usability

In an on-line shop the customer interface occurs via the website, therefore, their expectations have to be met as they easily may move away to the competition.

One crucial issue on the design of any information system is the usability of the user's interface. According to ISO 9241 - Part 11 (1998) usability is defined as the effectiveness, efficiency and satisfaction with which specific users achieve goals in particular environments. These definitions relate directly with 3 questions: How can users perform their tasks? What resources must users spend to achieve a given outcome (e.g., time, effort)? How well do users like the application?

Besides the economical costs (i.e. a system that is hard to understand is also hard to sell, and may involve many expensive problems in its life cycle), the lack of care about users needs can lead to solutions that tend to cause errors or that provide users with inadequate information. For e-commerce, this is particularly harmful because it implies losing customers [26].

Usability is an essential critical success factor to take in consideration in the design of websites because it is not a single, one-dimensional property of a user interface. Usability has multiple components and is traditionally associated with five usability attributes: learnability, efficiency, memorability, errors, and satisfaction [27].

D. Marketing

Using an appropriate marketing strategy along with an improved business offered and other non-technological areas are crucial multidisciplinary requirements for the success of e-commerce. Moreover, once a brand is defined – and this applies to any product - it needs to be recognized as a reference. A well structured marketing plan, with a well-defined line and an innovative and credible image are essential success factors for promoting any brand or product [1].

From videos and images up to workshops and international conferences, it is worth using all channels of communication to solidify the brand on the market. Thus, it becomes a necessity to innovate and to re-invent the way we present ourselves to the world [28].

"To take a step ahead and anticipate the future may be a mirage, however, with marketing the mirage becomes less unfocused." Miguel Floriano

E. Brand

Nowadays, the world of brands moves millions, as increasingly more companies look for convincing brands, to better affirm themselves among competitors [25]. In e-commerce the paradigm does not change, to buy online, you

need something to push you to finalize your purchase. It is not enough to think that a brand is just a cute name or a futuristic logo, the whole communication with the surroundings has to be well thought, and the care and concern about the customers need to be visible in order to enable to construct a loyalty based relation with them [25].

The concept of a brand has to have the objective to be a precise way to reach the clients and establish a collaborative interaction with them by enabling integration of different areas. Impact, desire and trust are the ingredients that may enable a common brand to become a benchmark worldwide. If the main purpose of the brand is not describable by a few words, it is most probably not well designed.

F. Market

Knowing our business can help to know, "where we are" and "where we want to go" [1]. Measuring performance at each step of business allows adjusting measures to consider and values to obtain, through a sustained growth. This measurement is only possible if there are predefined and measurable goals for market trends. Therefore, it is necessary to know if it is a marketplace of thousands, millions or billions.

The more information available the better our position will be to support good decision making strategies. Understanding the marketplace is the first step, setting goals is the second one and nothing serves the former if there is no continuous analysis of results obtained.

G. Communication Support

When buying on an online store, its success is only possible if there is a satisfactory level of communication support along the entire supply chain, which must be synchronized and integrated [29]. A climate of trust and sharing must prevail, so that the whole quality of the system is reflected on the final consumer [30].

If the manufacturer and all intermediaries are not sharing the same values, the whole communication within the supply chain may be compromised and the concept of a successful online store will most probably fall. Imagine how disastrous it would be having a well-designed online store, with a powerful marketing and numerous customers and the delivery due dates of the products were constantly being violated [31].

Only the skilled ones can be a part of the successful communication and supply chain, for each one, on its "core business", to provide its best possible contribution, always focused on reaching integration and common objectives and customer satisfaction.

The clients and their satisfaction must be constant concerns of any company aspiring to reach a sustainable growth [24]. Moreover, in a medium like the internet, additional concerns about the fact that many users still do not feel comfortable buying products they cannot physically see, have to be kept on mind. One central concern of a consumer is about knowing if the website provides support to clarify questions about products or services; and, in particular, issues related to product returns or simply about how to get more direct information about the provided products and/or services. With the growth of the Internet there are also many online shops whose quality

standards do not meet customer requirements, installing uncertainty on the marketplace.

It is of utmost importance to provide a full service support, before, during and after purchase. This way the clients feel supported and understood and not afraid to repeat the experience and buy through the same website.

The word "guarantee" frightens many entrepreneurs; however, this paradigm must change as people buy more if they feel fully supported and "safe" and in the majority of online stores the rates about product returns are quite low [24].

H. Credibility

Regarding marketing strategies to incentivize anyone to buy through an online store, there are still many entrepreneurs targeting cost reduction instead of investing on that direction to enrich online stores' credibility. A shop with an "amateur" aspect easily distracts consumers that are more already suspicious about online shopping.

A good call centre, setting up a company with physical office, a registered trademark and the overall design and functionality of the website should not be jeopardized due to a low budget. Moreover, being professional and combining all these details will help strengthen the credibility of the store. Another key factor consists on joining forces and partnering with credible companies [29].

I. Quality Data Processing

The features of the website should be working perfectly; no bugs or links that do not work are allowable. When usability is jeopardized and something stops working and confuses the user this may compromise the quality of the whole website and the underlying information system project, along with the correct functioning of the communication channels and the underlying operation of the supply chain, which is essential to gain the users confidence.

Moreover, the quality of the delivered product and/or service can be compromised while lacking quality data processing, therefore, it is of utmost importance to ensure quality data processing [32].

J. Security

With the exponential growth of the Internet shopping, security has been the major concern of users. However, increasingly more money transactions take place and the systems are becoming considerably safer. Selecting safe payment methods and be at the forefront of information technology about security issues, is a competitive advantage on on-line selling. Thus, if the client is aware about the on-line shop concerns to ensure secure payment transactions, the brighter the image of trust and responsibility will be passed to potential clients.

Although the world is aware that issues about security breaches continue to rise on data computing and Internet transactions, and as even the most protected systems are transposable, we must maintain the dedication to guarantee purchases as much secure as possible. Moreover, to attract online customers e-commerce business should understand the customers' real wishes and expectations and what payment

methods each type of segment of users does prefer. Each marketplace has its peculiarities and consumers tend to create common purchasing habits with which they feel more comfortable, e.g. "to use the online shopping cart" [26].

K. Website

The website is a showcase of the online store, which has to take into account to whom it should attract attention, as its mere existence does not mean its success. The whole construction of the website must be developed by a multidisciplinary team because there are several areas that will be involved for achieving the final product with the intended image and functionality. For example: the programmer may build the website quite clearly, without any bugs or technical problems, but if the designer does not provide an efficient interface it probably will fail [33].

Therefore, all those multidisciplinary areas should be taken in consideration on the creation of any website, so that each area can provide an important contribution to the final result of the website. Any successful e-commerce website must be robust, complete, appealing and balanced to ensure passing an image of a serious and credible company, without any tendentious reflection just about a particular area or concern.

L. Convert Consumer

Once achieved the complete flow of the market to the online shop, there is still another important but less explored subject, which consists on being able to convert a visitor into a customer [34].

With the tools available on the market it is possible to analyze many details about visits to a website. From the time each user wastes browsing, up to the number of visitors per day, broken down by country and other indicators, many different kind of analysis are possible.

When the number of visits to a website is big and the sales have not risen, something must be done to reverse potential customer's bad attention. Issues related to websites usability, communication and marketing problems must be completely revised to ensure e-commerce success.

V. CONCLUSION

Knowing the necessary ingredients for success in e-commerce, is crucial to build a highly profitable and consistent e-commerce business. Building an online shop based on a fully integrated model (MPCSF) regarding the most important critical success factors, will enable a successful on-line business and transmit confidence to potential on-line clients.

Therefore, it is of utmost importance not to distract customers, while compromising the balance of a whole website. There is still plenty of room for improvement in the market of online shops, as more and more people choose this kind of shopping, which enables entrepreneurs to get closer to its market, while presenting an appropriate solution for their clients' expectations. Moreover, it is necessary to pay attention to aspects for enabling a good e-commerce practice. Often those aspects are under estimated due to lack of analysis and investigation regarding a set of proposed success factors described through this work.

The proposed critical success factors incorporated in the MPCSF model in this paper are not only related to the website, its design and usability, but also with: the brand; the marketing and web-marketing strategies; social networks reaching; concerns about the whole supply chain integration; concerns regarding consumers conversion, communication and support; looking at quality data processing and secure payment methods; and enabling a favourable image for reaching on-line shop credibility. Compared with existing conceptual models for e-commerce success factors in the literature, there are four key contributions of the MPCSF, including:

(a) defines new critical success factors such as converting customers and credibility; (b) the MPCSF model intends to include stages beyond the existing online shopping life cycle, i.e. it considers not only the information phase, agreement phase, transaction phase and delivery phase, but also the pre-and after-sale phases; (c) as the model name suggests, the model incorporates the critical success factors from multiple perspectives – technology, social and ethical perspective; (d) the model integrates knowledge from multiple disciplines such as Engineering, Science and Technology, and Business Management. Therefore, the proposed MPCSF model can provide a more comprehensive understanding of on-line shopping in order to achieve business success.

In addition it has been identified that a more professional attitude is needed, as all these factors are of the biggest importance for ensuring the difference between a modest online store and an online empire. Future work would refine the critical success factors already identified in the MPCSF model and try to better understand the relationships between the success factors. Future research will also extend the evaluation of the MPCSF model to a set of websites' design and implementations in practice.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by COMPETE: POCI-01-0145-FEDER-007043 and FCT – The Foundation for Science and Technology within the Project Scope: UID/CEC/00319/2013.

REFERENCES

[1] Alturas, B., Conceição, M., Brites, R., 2006. Direct Selling: Finding Consumer Segments. In: Proceedings of the EIRASS International Conference, 9th-12th July, Budapest, Hungary.

[2] Ascensão, C. P., 2011. Google Marketing: A arma mais poderosa para atingir os seus clientes. 1st Edition (in Portuguese)

[3] Atcharyachanich, K., Okada, H. and Sonehara, N., 2008. Critical success factors of Internet shopping: the case of Japan. In Proceedings of the 4th International Conference on E-business and Telecommunication Networks. Book series "Communications in Computer and Information Science" (editors: Filipe J and Obaidat MS). Volume 23, pages 98-109.

[4] Bandyopadhyay, N., 2010. A conceptual understanding of the impact of market space on the four P's of marketing. In: Int. J. Electronic Customer Relationship Management, Vol. 4, No. 1 Inderscience Enterprises Ltd.

[5] Becerra, E. P. and Korgaonkar, P. K. 2011. Effects of trust beliefs on consumers' online intentions, European Journal of Marketing 45(6):936-962.

[6] Brege, S., Brehmer, P., Rehme, J., 2008. Managing supplier relations with balanced scorecard. In: Int. J. Knowledge Management Studies, Vol. 2, No. 1. Inderscience Enterprises Ltd.

[7] Burgess, S., 2008. Determining website content for small businesses: assisting the planning of owner/managers. In: Int. J. Knowledge Management Studies, Vol. 2, No. 1. Inderscience Enterprises Ltd.

[8] Cebi, S., 2013. Determining importance degrees of website design parameters based on interactions at dtypes of websites. Decision Support Systems 54: 1030-1043.

[9] Chen, Y.T. and Chou, T.Y., 2012. Exploring the continuance intentions of consumers for B2C online shopping: perspectives of fairness and trust. Online Information Review 36(1): 104-125.

[10] Clements, M. D. J., Dean, D. L., Cohen, D. A., 2010. Supplier selected relationships: choosing friends, over family. Int. J. Manufacturing Technology and Management, Vol. 19, Nos. 1/2. Inderscience Enterprises Ltd.

[11] Duncan, K., 2011. Marketing Greatest Hits. First Edition.

[12] Fang, Y.H., Chiu, C.M., & Wang, E.T.G. 2011. Understanding customers' satisfaction and repurchase intentions: an integration of IS success model, trust, and justice. Internet Research 21(4):479-503.

[13] ISO 9241-11 (1998) Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) <http://www.usabilitypartners.se/usability/standards.shtml>.

[14] Joma, S.L., 2009. Research on e-commerce trends and development to enhance online customer satisfaction in China. In proceedings of the 8th Wuhan International Conference on E-business (editor: Duserick, F.G.), volumes 1-3, pages 94-99. 30th-31st May 2009, Wuhan, China.

[15] Kawasaki, G., 2004. The Art of the Start.

[16] Lee, Y. and Kozar, K.A., 2006. Investigating the effect of website quality on e-business success: an Analytic Hierarchical Process approach. Decision Support Systems 42: 1383-1401.

[17] Lee, G.G. and Lin, H.F., 2005. Customer perceptions of e-service quality in online shopping. International Journal of Retail & Distribution Management 33(2): 161-176.

[18] Machado, A. T. M., 2011. Usability: Impact on E-commerce. PhD Thesis, Technical University of Lisbon.

[19] Ngai, E.W.T., 2003. Selection of websites for online advertising using the Analytic Hierarchical Process. Information and Magement 40: 233-242.

[20] Nielsen, J. (1993) Usability Engineering. Academic Press.

[21] Olson, J.R. and Boyer, K.K., 2005. Internet ticketing in a not-for-profit service organisation: building customer loyalty. International Journal of Operations and Production Management 25(1): 74-92.

[22] O'Reilly, K. and Marx, S. 2011. How young technical consumers assess online WOM credibility, Qualitative Market Research: An International Journal 14(4):330-359.

[23] Parasuraman, A., Zeithaml, V.A. and Berry, L.L., 1988. SERVQUAL: a multiple item scale for measuring customer perceptions of service quality. Journal of Retailing 64(1): 12-40.

[24] Shahabuddin, S., 2011. Supply Chain Management and its effect on company's performance. In: Int. J. Logistics Systems and Management, Vol. 8, No. 1. Inderscience Enterprises Ltd, USA.

[25] Torkazadeh, G. and Dhillon, G., 2002. Measuring factors that influence the success of Internet commerce. Information Systems Research 13(2): 187-204.

[26] Suntopmiphuth, N., Todorovic, Sherrell, D. L.Z. W., 2010. Revisiting the concept of person interactivity through social psychology and social telepresence theory. In: Int. J. Electronic Business, Vol. 8, No. 1. Inderscience Enterprises Ltd.

[27] Thorleuchter, D., and van de Poel, D., 2012. Predicting e-commerce company success by mining the text of its publicly-accessible website. Expert Systems with Applications 39: 13026-13034.

[28] Tsai, M.T., Cheng, N.C. and Chen, K.S., 2011. Understanding online group buying intention: the roles of sense of virtual community and technology acceptance factors. Total Quality Management and Business Excellence 22(10): 1091-1104.

[29] Wolfenbarger, M. and Gilly, M.C., 2003. eTailQ: dimensionlising, measuring and predictingetail quality. Journal of Retailing 79: 183-198.

[30] Wu, Y.L., Tao, Y.H., and Wang, T.C., 2007. Critical success factors for online C2C auction websites – a consumer's perspective. In Proceedings of the 6th WSEAS International Conference on Applied Computer Science. Book series "Electrical and Computer Engineering". Pages: 54-59.

[31] Yuen, S. S. M., 2010. Development of electronic marketplace for collaborative supply chain: a conceptual framework. In: Int. J. Enterprise Network Management, Vol. 4, No. 1. Inderscience Enterprises Ltd.

[32] O'Brien, T. (2015), Accounting' for Data Quality in Enterprise Systems. CENTERIS/ProjMAN / HCist 2015, Vol. 64, 442-449.

[33] Schubert, P., 2003. Extended web assessment method(EWAM): evaluation of electronic commerce applications from the customer's viewpoint. International Journal of Electronic Commerce 7: 51-81.

[34] Tu, H. J., Yen, W. C., Hou, J. J., 2010. Measuring the operating efficiency of internet channels with DEA. In: Int. J. Logistics Economics and Globalisation, Vol. 2, No. 2. Inderscience Enterprises Ltd.

Web-based decision system for effective process planning in network manufacturing environment

M. L. R. Varela, A. F. Araújo, G. D. Putnik,

Department of Production and Systems,

School of Engineering,

University of Minho

Guimarães, Portugal, leonilde@dps.uminho.pt,

dricafaraujo@hotmail.com,

putnikgd@dps.uminho.pt

V. K. Manupati, K.V. Anirudh

School of Mechanical Engineering,

Division of Manufacturing, VIT University,

Vellore, Tamil Nadu, India.

manupativijay@gmail.com

anirudhk13@gmail.com

Abstract — Recent advancements in Information technology and pervasive applications of Web-enabled services wield a profound influence on manufacturing systems and in particular on distributed networked manufacturing environment. In this paper, a modelling schema is proposed for integrating a distributed feature-based design system to organize concurrent engineering activities effectively. Later, with developed Web based decision support tool the activities of manufacturing system are integrated. The managerial insights listed in this report, obtained from the analysis suggest that the developed methodologies and tool for networked manufacturing environment offers with a number of benefits such as high interoperability, openness, cost-efficiency, and production scalability.

Keywords – networked manufacturing system; interoperability; web-based decision support system; process planning.

I. INTRODUCTION

With the increased accessibility of Internet technology, manufacturing systems are advancing towards supporting distributed and collaborative activities in distributed manufacturing environment.

The World Wide Web (WWW) technology, offers tremendous opportunities for the sharing of information among enterprises that are globally distributed. A web application is defined as any software application that depends on the web for its correct execution (Gellersen and Gaedke, 1999). In this paper, a process planning and scheduling integration module has been wrapped as a web-enabled service and made available on the Internet through the use of web browsers to support the distributed design and manufacturing analysis.

One of the first and most important initiative in the development and execution of web based decision support systems in the product design and the manufacturing is the MADE (Manufacturing Automation and Design Engineering) an American research project,

Several researches (Cutskosky et al. 1996; Petrie, 1996; Whitney et al. 1995; Bryant et al. 1996; Will, 1996) involved in handling the above mentioned MADE program and their contributions are revealed in the form of several valuable publications. However, this program was extending through RaDEO (Rapid Design Exploration and Optimization) Program in the year 1997. Since then, the rapid developments of product design and manufacturing in web based systems have changed the distributed manufacturing environment.

From the wider perspective of design and manufacturing, the web technology enables a great potential to develop virtual decision support systems to support rapid development of mechanical products to meet global competition. Wagner et al. (1997) described a model for remote analysis of computer-aided design (CAD) models for the exchange of geometric data. Later, they tried to apply the proposed concept in industry environment; the results show its effectiveness. A group of researches and programmers, (Bailey, 1995; Wright and Burns 1997) developed a Tele-Manufacturing facility project to provide rapid prototyping services on the internet. Sung et al. (2001) proposed a web based system for the integration of product design and process planning using CyberCut experiment based on Java based programming. Roy et al. (2003) presented an open collaborative design environment approach that can integrate 3D geometry of a product on the WWW with conventional CAD packages. With single internet interface, the semantic and syntactic content of the product model from different operating systems can be accessed to demonstrate the open architecture and interoperability.

Significant progress has been achieved in developing and applying web support systems for process and production planning and control. The web based simulation and production scheduling for production planning and control problem is detailed in order to minimize the production costs, lead-times, inventories and maximize production and due date performance an IPPI (Integrated Production Processing Initiative) project has been initiated. IPPI aims to develop and validate a prototype process planning system by defining the product data into the STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) files which are capable to generate

intermediate product models when necessary. Bailey and Verduin (2001) and Beiter and Ishii, (2003) developed a Federated Intelligent Product Environment (FIPER) system funded by National Institute of Standards Technology (NIST) to develop a new product design and analysis technology. For design analysis and product lifecycle support with design tools/methods such as Java Native Interface (JNI) and FIPER Standard Development Kit (SDK) tool kit a web based distributed framework has been developed. Xiao et al. (2001) developed the Web- Distributed Product Realization (DPR) system for collaborative design and manufacturing based on Java Remote Method Invocation (RMI) mechanism and event base mechanism to coordinate the functional modules effectively. Mervyn et al. (2003) proposed a Web-based fixture design system in which EXtensible Markup Language (XML) format was designed to transfer the information and knowledge between functional modules in a distributed environment.

Although, many contributions arose in the area of production scheduling problem from the above mentioned projects i.e. CyberCut and MADEFAST experiments, but they were not interoperable. Considerable efforts have been made with different and most popular distributed object paradigms such as Microsoft Distributed Component Object Model (DCOM), OMG's Common Object Request Broker Architecture (CORBA), JavaSoft's Java/Remote Method Invocation (Java/RMI) to undertake the development of interoperable application (Huang and Mak, 1999a). For enhancing the interoperable property in the distributed environment, the paradigms and applications extensively try to improve the formats and contents of the information. It is not necessary to deal with the technical content of the information (Huang and Mak, 2001). Thus, many knowledge integration methods have been developed (Bless et al. 2008; Bombardier et al. 2007; Gardner, 2005; Kwon et al. 2007; Ozman, 2006). Out of all these integration methods, Knowledge Interchange Format (KIF) for KQML (Knowledge Query and Manipulation Language) and STEP (STandard for the Exchange of Product model data) for product design, process, and manufacturing are effective ones. Even

though, standard effective formats have been established, there is a huge concern on the volume of data that need to exchange between different distributed systems. These exchange messages need engineering ontologies (Daconta et al. 2003; Lin and Harding, 2007; Uschold and Grueninger, 1996) to develop.

Recent rapid developments in information technology have been pushing the manufacturing sector into another level. Digitalization and networking of enterprises bring the challenges of accessibility and interoperability in a distributed environment. Therefore, advance and pervasive applications are required to enhance the interoperability and also to support the distributed collaboration. These issues have not been yet dealt adequately to develop web technology for more flexible manner to share and interoperate the manufacturing processing data. As a part of this research work, we have developed a web based decision support system (WBDSS) which can act as an interactive medium for conducting effective manufacturing analysis, and to support for remote optimization. Subsequently, architecture is proposed that shows how the interactions between different modules right from 2D/3D model to remote optimization services can be achieved. Moreover, a flow chart has been created to describe the step by step procedure of different functionalities. Finally, we propose a new approach for the design and development of an interactive distributed manufacturing environment for internet users to organize concurrent engineering activities effectively.

This paper has been classified into six major sections. Section 2 explains about the important features of network manufacturing system and the architecture of its working procedure. Section 4 includes a detailed illustration of the five functional modules of the suggested WWW model including complete structure. Section 5 contains the complete framework of the proposed web enabled service system which helps in the effective collaboration of the enterprises of the network manufacturing. The paper ends with section 5 proposing future works related to the paper.

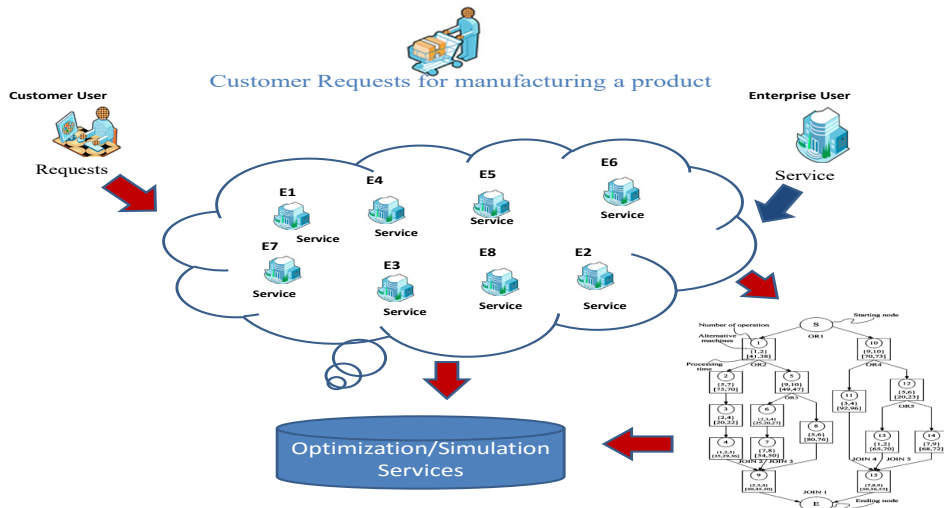


Figure 1 Networked manufacturing system architecture.

II. NETWORK MANUFACTURING SYSTEM DESCRIPTION

A networked manufacturing system (NMS) can be defined as a manufacturing-oriented network that employs Internet and other related technologies to cater the needs of distributed manufacturing environment. It has the capability to encapsulate the manufacturing enterprises' information and to provide the manufacturing services where interoperability between enterprises can be achieved. Figure.1 illustrates the architecture of NMS. The NMS starts with a request from the customer whose product task can be handled by the web based manufacturing service through two different modes viz. Customer User (CU) and Enterprise user (EU). CU is defined as a customer or organization that accepts the manufacturing requests from the customers to analyze and process the production tasks with the support of web based decision system in order to provide a feasible solution in effective manner. Through web based manufacturing service (WBMS), it is possible to analyze manufacturing product requests of multiple organizations. On the other side, the functionality of EU is same as CU mode at initial stage, but due to its self-service providing capability the requested product can be served entirely by EU itself. In most of the practical cases, serving of all the product requirements by single EU is almost impossible. Thus, similar to CU, the EU searches for qualified enterprises with the support of web based decision system to fill the requirements of the unfinished tasks such as finding of potential enterprises, communication with remote servers, interactions with the customers, and remote optimization services.

In this case, the EU can serve as a directive company in this virtual organization where it can take initiation to interact with the customer, and collaborating with other related enterprises as a coordinator. This way, User, and EU are able to accomplish varied and more demanding production tasks that are unattainable by a single enterprise. In this paper, we have considered the User mode to carry the process. However, after finding the necessary product data and the enterprises' information, an effective approach to describe the manufacturing functions requirements and their implementation on networked manufacturing environment is accomplished. Thereafter, with suitable meta-heuristics and simulation techniques, the complex problems in distributed manufacturing environment such as IPPS were solved to achieve the objectives of the User that can be solution to the final customer.

III. PROPOSED WWW COLLABORATIVE MODEL

In this section, five functional modules and their detailed structure and functionalities are displayed in Figure.2 and are elucidated as follows:

Module1 in Figure 2 represents, a 2D/3D model of a feature based part where the front-end-client embedded in a web browser provides users with various functionalities such as visualization of design models, invoking remote process optimization services, and an interface to data base and knowledge servers to store and retrieve information. for 2D/3D visualization environment where the optimization results, graphs and design models produced by the remote optimization services can be manipulated according to the user needs.

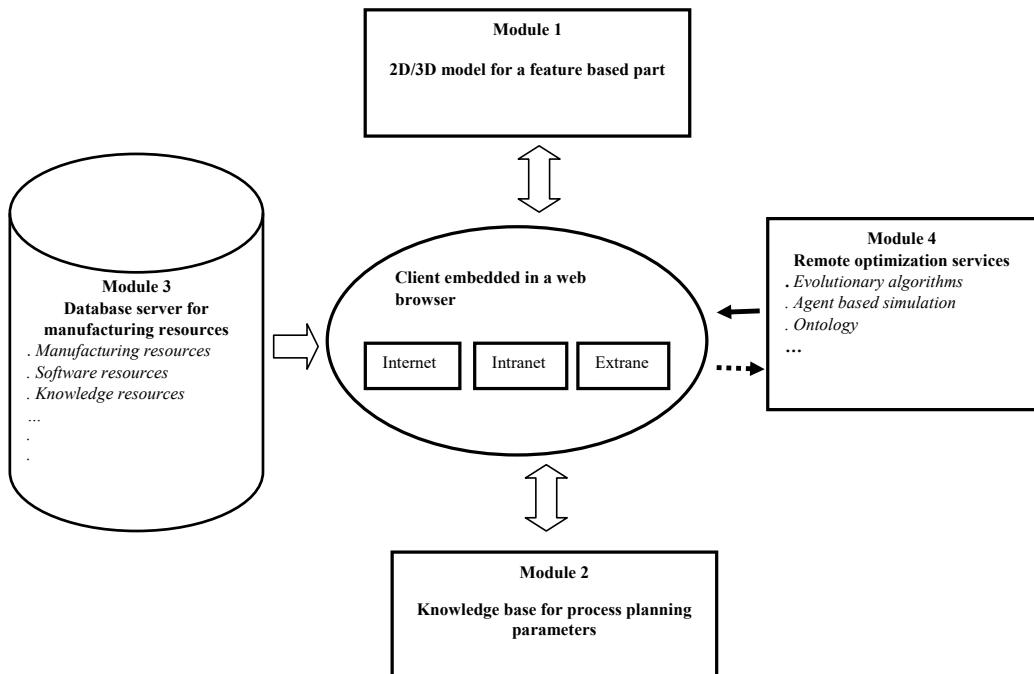


Figure 2. Modelling schema for the Functions of web-based system.

Module 2 involves, the detailed information of a product and its part type requirements such as operations, processing times. The knowledge base of the above requirements is useful to determine the best sequence of operations that involved for manufacturing a product in best effective manner. In this module some other requirements for obtaining best operation sequence were feature extraction and decision making in process plan generation. Module 3 resembles, a database server for manufacturing resources where the resources' information i.e., available machines, tools, TAD and their costs utilized for determining process plans of a design model. Module 4 includes remote optimization services for process planning which includes single and multi-objective optimization algorithms, simulations and Ontology as analysis Servlet that would respond through a web server in the online invocation and evaluation.

First, the information is gathered from the literature and it is employed for the database development. Here, we have used the feature based products' data from the literature and then created Ontology files to create knowledge with the help of decision manager and then stored it in the knowledge repository. The generated files can be easily converted into XML files with flexibility to transfer and exchange the information between distributed manufacturing resources. The manufacturing data base includes information of geographically distributed resources, transportation time of the resources, tools, TADs, respective machining times, and the list of candidates/candidate list for the operations of a plan. Later, according to users' requirements the available data has been pre-processed to find the status of the corresponding resources, and to filter the generated bids for efficient performance of the negotiation.

IV. ARCHITECTURE OF THE PROPOSED WEB ENABLED SERVICE SYSTEM

Architecture of the proposed web enabled service system is shown in Figure.3. The primary intention is effective integration of distributed process planning and scheduling and development of web enabled service system that assists the geographically distributed enterprises located in the networked manufacturing with effective coordination and collaboration. The proposed architecture can better serve distributed manufacturing requirements. The execution of the aforementioned modules takes place based on the database development of each module.

The decision making environment after pre-processing facilitates with database server that have required enterprise resources information and knowledge repository for alternative process plans information. After data pre-processing, decision making environment initiates selection of algorithms, approaches or methods that are suitable for solving the concerned problem. The execution of various modules takes place according to the selection with the user interface. The developed static web service system environment acts as an interface mechanism with the remote optimization/simulation services for the execution of the user requirements. In this research, we have incorporated numerous prominent single and multi-objective evolutionary algorithms such as genetic algorithm, hybrid genetic algorithm,

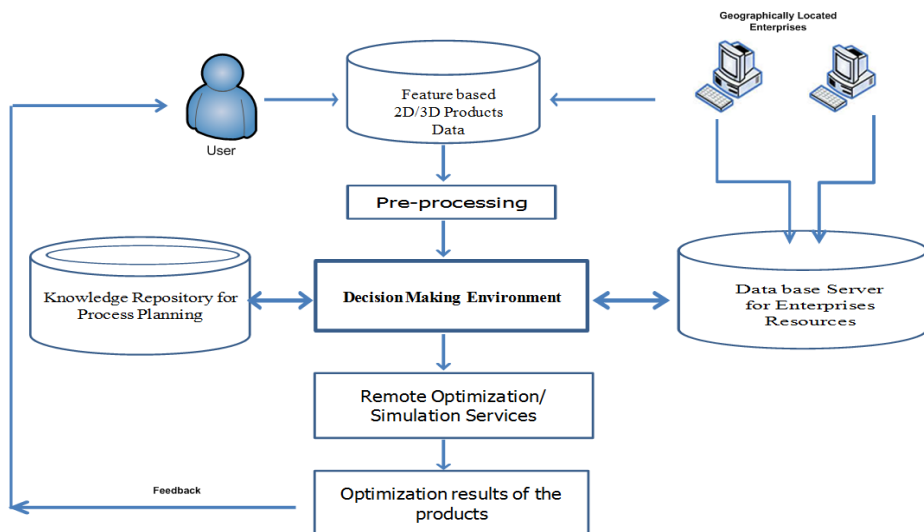


Figure 3 Web enabled system architecture.

DNA, hybrid DNA, NSGA-II, controlled elitist NSGA-II, and simulation with mobile agent based approach.

The obtained results from remote optimization services are presented in the form of Gantt charts, bar charts, figures, and tables and are transferred to the user. Here, due to the flexibility to convert the data into

XML based format, the possibility of transferring the information to varied operating systems with proposed web based DSS is possible. This leads to enhancement of interoperability. Another important functionality of this DSS is, it can provide a feedback message to the user in real time, if further improvement or manipulation of the results is required. The execution of various modules and their

integration with the developed DSS is depicted in Figure 3.

V. WEB BASED DECISION SYSTEM TOOL

Figure.4 presents a snapshot of the web based decision system tool where different modules have been integrated to enhance the interoperability in a distributed manufacturing environment. The design and development of an interactive distributed manufacturing environment for the internet users can be successfully achieved.

Moreover, effective utilization of the web based technologies, developed services, and the relevant system enables geographically distributed design and manufacturing enterprises.

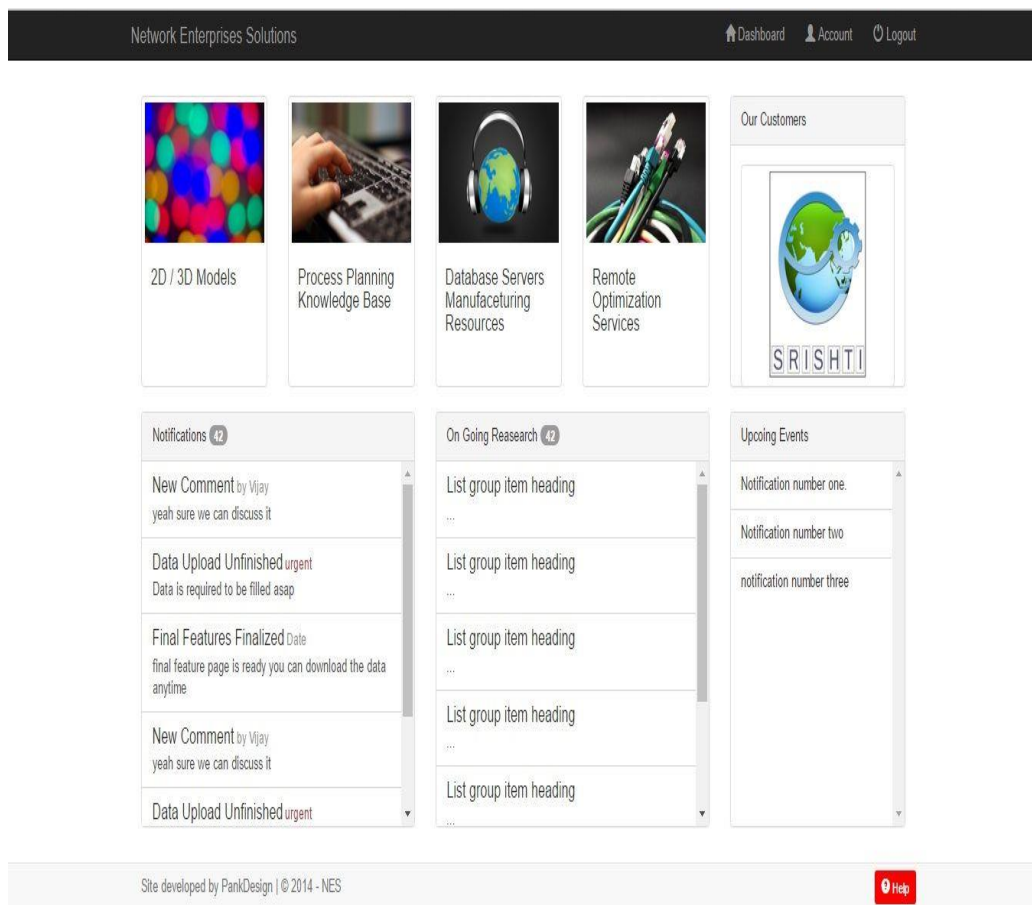


Figure 4 Snapshot of the developed Web based decision system tool

A. Implementation

The part feature and the high level information such as required data for process planning, and machine data are stored during the part feature creation. The feature and the model parameters shown in Figure 5 can be customized to avoid the complexity during feature reorganization. The green colour in the Figure 5 indicates the corrected parameter after

interaction with manager. Otherwise, if the user requirements have involved any major corrections with large data then the decision making process could be possible by converting the large data into XML files from Protégé based Ontology software for easily sending of data. After mutual agreement the part feature chart is freeze with the Finalize option button.

2D / 3D Models Dashboard Account Logout

Parts
Features
Final Features

Features Description of the process

Please fill the sheet or import excel file in the prescribed format. Click here to see the format

Features Sheet 1

Feature	Feature Name	Feature Size	Unit/Type	Value	Tolerance (%)	Comment
1	Circle		mm	0.9	◀ 0.3 ▶	✓
2	Square		mm	0.7	◀ 0.6 ▶	
1	Rectangle		mm	0.9	◀ 1.5 ▶	✓
1	Circle		mm	0.9	◀ 5.3 ▶	
1	Circle		mm	0.9	◀ 2.86 ▶	something is wrong
1	Circle		mm	0.9	◀ 2.86 ▶	
1	Circle		mm	0.9	◀ 2.86 ▶	
1	Circle		mm	0.9	◀ 2.86 ▶	
1	Circle		mm	0.9	◀ 2.86 ▶	

Save Undo Redo Upload Data Finalize

Comments

- Amit Trivedi: I would like to discuss this parameter
- Vijay: Sure go ahead.!
- Amit Trivedi: I would like to discuss this parameter
- Vijay: Sure go ahead.!
- Amit Trivedi: I would like to discuss this parameter
- Vijay: Sure go ahead.!

Reply Send

Figure 5 Snapshot of the Part feature implementation

Process Planning Knowledge Base Dashboard Account Logout

Geo Potential Enterprises
Machine Candidates
Features \ Operations
Selected Enterprises \ Resources
Process Plan Report

Features \ Operations

Sheet 1

Feature	Feature Descriptions	Operations	Precedence Constraints Description	Tools	Tools Operation Direction	Tool Cost	Alternate Tools
F1	A planar surface	Milling (Oper1)	F1 (Oper1) is the datum and supporting face for the part, hence it is machined prior to all features and operations.	C6, C7, C8			
F2	A planar surface	Milling (Oper2)	F2 (Oper2) is prior to F10 (Oper12, Oper13, Oper14) and F11 (Oper15, Oper16) for the material removal interactions.	C6, C7, C8			
F3	Two pockets arranged as a replicated figure	Milling (Oper3)		C6, C7, C8			
F4	Four holes arranged as a replicated figure	Drilling (Oper4)		C2			

Comments

- Amit Trivedi: I would like to discuss this parameter
- Vijay: Sure go ahead.!
- Amit Trivedi: I would like to discuss this parameter
- Vijay: Sure go ahead.!
- Amit Trivedi: I would like to discuss this parameter
- Vijay: Sure go ahead.!

Reply Go!

Figure 6 Snapshot of the Process Plan Knowledge base implementation

The execution of the part feature selection module will be carried out in accordance with the type of the process plan knowledge based implementation requirements. In this module, the feature description, type of operations, precedence constraint description in relation with part type is detailed. The details of the implementation part are illustrated in Figure.6. Moreover, enterprises selected for performing the detailed process plan knowledge, and the transportation time between the selected enterprises are stored in the knowledge base of the user. Finally, after obtaining information, IPPS has been carried out with developed methodologies to accomplish the desired objectives of the user.

VI. CONCLUSION

Networked manufacturing system is an advanced manufacturing pattern for enterprises to run their businesses by using networks, particularly with the aid of internet services. As a new manufacturing paradigm it has the capability to share the resources including information and technology for design, manufacturing, and management. In this work, an attempt has been made to develop flowchart, architecture and a web based decision support system to support distributed process planning and scheduling. The database and process plan knowledge based system approach has been implemented for the execution of operations to generate feasible process plans. Integration of all the aforementioned modules is carried out with a developed web based decision system. It acts as a convenient platform for users to view and evaluate a design model effectively through dynamically invoking remote process planning optimization services. The developed intelligent and interactive distributed process planning system is user friendly, flexible and expandable in nature. The proposed approach is a generalized one, therefore it is possible to generate flexible process plans for any type of complex parts once the process capability information is updated in the system. However, the present system is limited to prismatic parts in manufacturing. In near future, it can be extended to all kinds of manufacturing parts and distributed problems in supply chain management.

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported by COMPETE: POCI-01-0145-FEDER-007043 and FCT – The Foundation for Science and Technology within the Project Scope: UID/CEC/00319/2013.

REFERENCES

- [1] Gellersen, H.W. and Gaedke, M., 1999. Object-oriented web application development. *IEEE Internet Computing*, 3(1), p.60.
- [2] Cutkosky, M.R., Tenenbaum, J.M. and Glicksman, J., 1996. Madefast: collaborative engineering over the Internet. *Communications of the ACM*, 39(9), pp.78-87.
- [3] Bailey, M.J., 1995. Tele-manufacturing: rapid prototyping on the Internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, (6), pp.20-26.
- [4] Uschold, M., & Grueninger, M. (1996). Ontologies: Principles, methods and applications. *The Knowledge Engineering Review*, 11(2), 93–155.
- [5] Lin, H.K. and Harding, J.A., 2007. A manufacturing system engineering ontology model on the semantic web for inter-

- enterprise collaboration. *Computers in Industry*, 58(5), pp.428-437.
- [6] Daconta, M.C., Obrst, L.J. and Smith, K.T., 2003. *The semantic web: a guide to the future of XML, web services, and knowledge management*. John Wiley & Sons.
- [7] Ozman, M., 2006. Knowledge integration and network formation. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(9), pp.1121-1143.
- [8] Sung, Y.T., Chang, K.E., Chiou, S.K. and Hou, H.T., 2005. The design and application of a web-based self-and peer-assessment system. *Computers & Education*, 45(2), pp.187-202.
- [9] Bailey, M.W. and VerDuin, W.H., 2001. FIPER: an intelligent system for the optimal design of highly engineered products. *NIST SPECIAL PUBLICATION SP*, pp.467-477.
- [10] Beiter, K.A. and Ishii, K., 2003, January. Integrating producibility and product performance tools within a Web-service environment. In *ASME 2003 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference* (pp. 1007-1014). American Society of Mechanical Engineers.
- [11] Xiao, A., Choi, H.J., Kulkarni, R., Allen, J.K., Rosen, D., Mistree, F. and Feng, S.C., 2001, September. A Web-based distributed product realization environment. In *Proceedings of ASME 2001 Computer and Information in Engineering Conference*, Pittsburgh, PA.
- [12] Mervyn, F., Bok, S.H. and Nee, A.Y.C., 2003. Development of an Internet-enabled interactive fixture design system. *Computer-Aided Design*, 35(10), pp.945-957.
- [13] Huang, G.Q. and Mak, K.L., 2001. Issues in the development and implementation of web applications for product design and manufacture. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 14(1), pp.125-135.
- [14] Huang, G.Q. and Mak, K.L., 1999. Design for manufacture and assembly on the Internet. *Computers in Industry*, 38(1), pp.17-30.
- [15] Bless, P. N., Klabjan, D., & Chang, S. Y. (2008). Heuristics for automated knowledge source integration and service composition. *Computers and Operations Research*, 35(4), 1292–1314.
- [16] Bombardier, V., Mazaud, C., Lhoste, P., & Vogrig, R. (2007). Contribution of fuzzy reasoning method to knowledge integration in a defect recognition system. *Computers in Industry*, 58(4), 355–366.
- [17] Gardner, S. P. (2005). Ontologies and semantic data integration. *Drug Discovery Today*, 10(14), 1001–1007.
- [18] Kwon, O., Kim, K. Y., & Lee, K. C. (2007). MM-DSS: Integrating multimedia and decision-making knowledge in decision support systems. *Expert Systems with Applications*, 32(2), 441–457.
- [19] Tav, F.E.H. and Roy, A., 2003. CyberCAD: a collaborative approach in 3D-CAD technology in a multimedia-supported environment. *Computers in Industry*, 52(2), pp.127-145.
- [20] Petrie, C.J., 1996. Agent-based engineering, the web, and intelligence. *IEEE expert*, 11(6), pp.24-29.
- [21] Wright, D.T. and Burns, N.D., 1997. Cellular Green-Teams in global network organisations. *International Journal of Production Economics*, 52(3), pp.291-303.
- [22] Wagner, R., Castanotto, G. and Goldberg, K., 1997. FixtureNet: interactive computer-aided design via the World Wide Web. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46(6), pp.773-788.
- [23] R. V. E. Bryant et al., "Common product/process models for interfacing manufacturing simulation, process planning and CAD", in Proceedings of the 1996 ASME Conference, Irvine, <http://www.deneb.com/MADE/papers/dfm/dfm96.html>, 1996.
- [24] D. Whitney, M. Anderson, C. Cadet et al., "Agile pathfinders in the aircraft and automobile industries – a progress report", Internal Working Report, MIT, 1995.
- [25] P. Will, Active Catalogs Project Home Page, <http://www.isi.edu/active-catalog/index.html>, 1996.

A Framework to Orchestrate Security SLA Lifecycle in Cloud Computing

Marco A. T. Rojas, Nelson M. Gonzalez, Fernando V. Sbampato, Fernando F. Redigolo and Tereza Carvalho
Computing and Digital Systems Department
School of Engineering – University of São Paulo - Brazil
{matrojas, nmimura, fsbampato, fredigolo, carvalho}@larc.usp.br

Kazi W. Ullah, Mats Näslund, and Abu Shohel Ahmed
Ericsson Research
Ericsson
Stockholm, Sweden & Jorvas, Finland
{kazi.wali.ullah, mats.naslund, ahmed.shohel}@ericsson.com

Abstract — Security issues of cloud computing environments are considered a major challenge for its full adoption. A Service Level Agreement (SLA) corroborates the shared management vision provided by the cloud computing paradigm, which can assist with related security issues. The necessity to address security requirements in cloud computing SLAs is considered important for both providers and consumers, along with the tools and mechanisms necessary to deal with these requirements. These issues are current research challenges; therefore, this paper aims at proposing a framework to orchestrate the management of cloud services based on security requirements defined by the SLA in an automated manner during its entire lifecycle. In addition, mechanisms to support the phases of the SLA lifecycle are proposed as a part of the framework. Also the preliminary validation of the proposed framework. Finally, it is presented the integration of the framework with a cloud solution and in what manner the SLA lifecycle is supported by the framework.

Keywords - security; sla; cloud computing; framework;lifecycle

I. INTRODUCTION

Cloud computing providers deliver on-demand services based on shared and distributed infrastructure. This delivery approach is defined by the deployment and service models offered. The shared responsibilities and the segregation of the roles between cloud providers and consumers are also consequence of the adopted models.

Despite several benefits provided to consumers [1] and the increasing adherence to the services [2], the security issues of the cloud paradigm stand as a major challenge for its adoption in large scales [3]. According to Bouchenak [4], consumers aim at having at least equivalency between the security provided by the cloud and the one experienced by local environments. Besides, Huang [5] advocates that is necessary a joint effort between academia and industry to solve the pressing security issues in cloud.

SLA corroborates the shared management vision provided by deployment and service models of cloud. The cloud provider ensures application, data, and infrastructure based on the consumer requirements defined in the SLA [6]. However, this shared management is considered a security issue related to cloud management (governance, compliance and legal issues) also [7]. Unfortunately, the specifications and definitions of the security requirements for cloud computing SLAs are still in

embryonic stages [8] because it has only recently been considered a necessity [4]. Luna [9] advocates for the need of cloud management architectures based on security SLA requirements.

To face the open challenge of cloud management architectures based on security SLA requirements, this paper proposes a framework to orchestrate the lifecycle of security SLA for cloud computing. The framework orchestrates the provisioning of cloud services and security mechanisms based on the security requirements defined by an SLA in an automated manner by following the four phases that compose the SLA lifecycle proposed by Rojas [10]. Furthermore, we present in what manner the framework can be transparently integrated to cloud solutions such as OpenStack, and support the phases of the SLA lifecycle.

This paper is organized as follows. Section II presents the concepts related to the security issues of SLA contracts for cloud computing domains, as well as the phases of a unified SLA lifecycle for cloud computing. Also, presents the related works to security SLA for the cloud computing context and gives a comparative analysis between the SLA lifecycle proposed and the related work. Section III presents the proposed framework in order to orchestrate the lifecycle of a security SLA by contemplating the components description and their relations, internally and externally. In addition, the integration with the cloud solution OpenStack and the SLA lifecycle are presented. Also, a preliminary validation based on functional requirements is presented. Finally, Section IV presents the conclusion and future work.

II. SERVICE LEVEL AGREEMENT

This section presents the necessity to address the security issues of SLA contexts for cloud computing domains. Also, the phases of the SLA lifecycle for managing the need to define the level of services, which is required by the consumer, are presented also. Furthermore, presents the related works to security SLA for the cloud computing context and comparative analysis between the SLA lifecycle and the related works.

A. Security Issues

Despite the security issues of cloud computing are considered similar to the ones presented in ICT domains [11] [12], the need to address security in SLA for cloud context was proposed only recently [4].

The current scenery of practices, obligations, recommendations and benefits related to addressing the security requirements in the SLA by the cloud providers and consumers were surveyed by Rojas [10]. Through the survey, the following challenges in cloud security SLA were identified: the architecture for managing security SLAs [8][4], defining quantitative security metrics and not just qualitative metrics [13], security SLA representation and security service disclosure [14][15]. Moreover, it was verified that the security aspects have been neglected in SLA contracts regarding the requirements specifications and its associated metrics. Furthermore, cloud providers do not have defined processes for managing the security requirements defined in the SLA and staff are not qualified for assisting and supporting customers during its definition.

B. SLA Lifecycle

A consolidated SLA lifecycle management for cloud context was proposed and discussed [10]. The management of the SLA lifecycle is divided by phases in order to achieve the defined level of service. Figure 1 illustrates this lifecycle.



Figure 1. SLA Lifecycle phases for cloud computing

The SLA lifecycle is composed of four phases and subtopics of interest and it has been explained in details by Rojas [10]. A short explanation of what comprises each phase is presented:

- Phase 1 - Definition and Specification: This phase is characterized by the specification and definition of the security requirements and parameters to be included in the SLA.
- Phase 2 - Negotiation and Deploy: In this phase, the financial conditions and acceptable level of services are traded and defined between cloud provider and consumer. The service is deployed to consumer based on requirements specified in the SLA. Moreover, sanctions are traded and defined for both parties in case of noncompliance with any of the agreed clauses.
- Phase 3 - Execution and Management: In this phase the required services are executed and managed in the cloud environment in compliance with the defined security SLA. The management performs tasks such as: real-time monitoring of the running instance, management of requirements to be compliant, emission of control reports, policy enforcement, corrective actions, reactive actions to be adopted and violations control of the required service.
- Phase 4 - Termination/Evaluation: At this phase the contract termination process is performed due to either contract expiration, violation of the contractual agreement or consumer request. The infrastructure deployed is disabled in addition to the release of the

allocated resources and revocation of user access and grants. Then, billing is issued.

The phases of the SLA lifecycle assist the management concerns of cloud computing. Moreover, the comprehension of phases and required controls in order to improve the management of the shared responsibilities by consumers and cloud providers. Furthermore, the application of the SLA lifecycle for managing security concerns is fundamental for the adoption and evolution of the cloud paradigm.

C. Related Work

The necessity for addressing security requirements in cloud computing SLAs has become a research challenge for the academic community, standard institutes and enterprises. In this context eight related works were identified and analyzed in respect to SLA lifecycle.

- Garcia [8] proposed a framework to develop security metrics for evaluations by cloud providers, taking into account cloud models of service and deployment. This work contributes to Phase 1 of the SLA lifecycle because it addresses the issues related to the definitions and specifications of the security parameters.
- Luna [13] presents a set of metrics used to quantitatively compare security SLAs in cloud contexts. The CSA information base called STAR (Security, Trust & Assurance Registry) was a case study to compare the security practices applied by different cloud providers. Therefore, contributing to Phase 1 with security metrics that can be applied in SLAs. Also, it can be used to discover service providers and service offerings that are related to security features applied to Phase 1. In addition, it may be employed to assist negotiations (Phase 2), since enables customers to evaluate and compare the security features being offered by cloud providers.
- Luna [9] presents a quantitative and qualitative method to compare security requirements defined in the security SLA between cloud providers and consumers. This method is based on the QPT (Quantitative Policy Trees), an approach that enables the evaluation of security requirements by categories. This approach facilitates the comparison between security offers and service providers. The work contributes to Phase 1 due to the possibility of comparing security features by applying quantitative and qualitative metrics. In addition, it also contributes to Phase 2, since comparative results can be used in the negotiation process.
- Ullah [16] presents an automated tool to evaluate compliance levels related to security requirements adopted by cloud providers. This work supports Phase 1 because it identifies the security services offered by cloud providers, the security mechanisms applied and the related parameters.
- Silva [17] proposes a method to evaluate the provisioning of cloud resources based on hierarchical security metrics. The hierarchical metrics are

developed applying the GQM (Goal-Question-Metric) approach. Thus contributing to Phase 2 due to the capacity of service provision based on security requirements and to Phase 1 due to generated security metrics that can be specified in SLAs.

- Rank [18] proposed an approach to deploy cloud resources based on the user roles and security policies defined in the SLA. The work contributes to Phase 2 due to the deployment of resources based on security requirements defined in the SLAs.
- Jegou [19] presented the VEP (Virtual Execution Platform) a component responsible for provisioning IaaS resources based on the requirements defined in the SLA. Furthermore, VEP is responsible for monitoring the instance deployed during the entire lifecycle. The work contributes to Phase 2 due to deployment resources based on security SLA and to Phase 3 due to the monitoring of activity during the execution of the deployed instance.
- Ferreira [15] proposes an architecture for monitoring security based on SLA for the IaaS service model. The monitoring approach avoids the necessity of installing a monitoring agent on the host. The work can support the Phase 3 due to the process for monitoring the execution of the deployed resources. Also, it contributes to Phase 2 due to deployment of resources based on security SLAs, and to Phase 1 due to an approach for representing security policies in SLAs.

The Table I summarize the relation between the related works found in the literature and the SLA lifecycle phases.

TABLE I. RELATION BETWEEN RELATED WORKS AND SLA PHASES

Related Work	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
Garcia [8]	1			
Luna [13]	1	2		
Luna [9]	1	2		
Ullah [16]	1			
Silva [17]	2	1		
Rank [18]		1		
Jegou [19]		1	2	
Ferreira [15]	3	2	1	
Total	6	6	2	0

It can be verified that Phase 1 is the most addressed, being the focus of four works and related in three others. Meaning that to define and to specify security metrics and security parameters is important and fundamental for the security management of cloud solutions. Methods to define this metrics and parameters are equally important. Phase 2 is the second most addressed with three related works focusing on it and other three related indirectly. The provisioning and deployment of cloud resources based on security metrics were the challenges faced by these works. Phase 3 has one related work to it directly and another related indirectly. The work is focused on the necessity for monitoring security. It can be verified that more development of this phase is needed in terms of mechanisms and methods for managing security in cloud environments, along with monitoring and auditing tools. Phase

4 has no contribution. It can be considered a consequence related to the necessity of evolving the other phases. However, it does not justify the lack of related works despite the issues appointed. In this case it can be considered a fertile area of future works. From the results of our analysis it can be verified the necessity of more research in the security SLA area and solutions related to Phases 3 and 4 due to their importance in the security context. Furthermore, the results corroborate the necessity of improving security in cloud environments as appointed by consumers and providers.

Based on related works it can be verified that there are no proposals that encompass the four phases of the lifecycle, just proposals to a specific phase. To meet this need a framework to orchestrate the security SLA lifecycle phases in an automated and integrated manner is proposed, as advocated by Bouchenak [4] and Garcia [8]. The proposed framework aims to fill this gap related to cloud management based on security requirements advocated by the academia and appointed as a necessity by cloud consumers and providers.

III. SECURITY SLA FRAMEWORK

This section presents the details of proposed framework and how it supports the phases of the SLA lifecycle, also their integration with the cloud solution adopted. By analyzing the related works, it was verified the necessity for solutions to orchestrate the lifecycle of security SLAs. In this context, a framework is proposed to orchestrate the security requirements addressed in the SLA lifecycle in an automated and integrated manner, also solutions for individually supporting each phase of the SLA lifecycle are presented.

The framework is composed of two sides, user and cloud provider. The user side has available interfaces for communicating with the cloud provider side. The cloud provider side comprises the proposed framework and their integration with the cloud solution infrastructure. Figure 2 illustrates the framework.

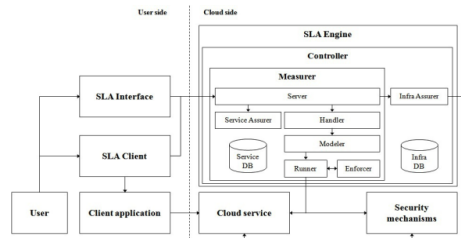


Figure 2. Security SLA framework proposed for cloud computing

The user side provides the interface to allow users to access the cloud side and define the security SLA required. It is compounded of three communication interfaces to support the interactions between both sides:

- *SLA Interface*: It is the GUI used to specify the security parameters and mechanisms to be applied by the cloud provider for the deployment the service requested. This interface could be integrated with the Client Application.

- *SLA Client*: It was designed to be a command line tool for testing the SLA engine and their integration with other functions during the framework development. At the end, it can also be used as an auditing tool by both user and service provider, or even an independent auditor.
- *Client Application*: It is the primary interface (GUI and CLI) provided by the cloud solution to the user (e.g. Horizon the web-based management interface for OpenStack).

The cloud provider side contains the engine for orchestrating the management of the lifecycle of cloud services based on a SLA specified according with user, cloud infrastructure and security mechanisms related. The SLA Engine is composed of nine modules:

- *Controller*: responsible for managing the execution of modules. Ensures that the correct order of operations is performed and provides access to the database (*Infra DB*).
- *Measurer*: is the interface for writing and reading information related to the operations performed and accountability. It also provides access to the database (*Service DB*).
- *Server*: is the server side *SLA Interface* and *SLA Client*. Listens for incoming requests and updates information related to operations performed by the *SLA Engine*.
- *Handler*: Manages the incoming requests related to services, parameters and security mechanisms to be applied in the deployment of the service.
- *Modeler*: Translates the input parameters, related to services and security mechanisms, into adequate data structure for managing the deployment of service. It can be customized to generate the proper data structure in order to support the cloud solution adopted (e.g. OpenStack, OpenNebula, Eucalyptus, CloudStack, etc.). Then, more than one cloud solution could be adopted.
- *Runner*: Dispatch run orders, executing the adequate programs, sequences and security mechanisms. The executing task could also support distinct cloud solutions.
- *Enforcer*: Enforces the right commands and execution order (workflow). The order of execution and parameters are hashed and stored to support compliance and audit tasks.
- *Service Assurer*: Assures that services are being provided according to the specified security SLA and following the defined workflow. In addition, control information is stored in the database (*Service DB*). The *Service DB* stores the information about the service usage (requests received, operations performed, information assurance, user data). Moreover, the information stored is hashed to guarantee its integrity.

Nonetheless, it is a data source that can support audit tasks.

- *Infra Assurer*: Collect information related to services and security mechanisms provided by the cloud available through the SLA Interface. It provides assurance on assessments of the hardware and software pieces regarding trust and correct operation. If the cloud infrastructure has TPM (Trusted Platform Module) and vTPM (Virtual Trusted Platform Module) resources, their primitives can be used to improve the assurance process [20]. In addition, control information is stored in the database (*Infra DB*). The *Infra DB* stores information related to the engine operations and cloud infrastructure resources (services, security mechanisms, trusted hardware).

The cloud provider side supplies cloud solutions, services and security mechanisms (*SecMecs*). The *SecMecs* can be native mechanisms related to the services provided or external designs provided by third parties integrating with the cloud solution. The current integration process between the cloud resources and framework are not automated. The automatic discovery of resources and their integrating to framework is a challenge that needs research.

The framework proposed here is independent from the cloud solution adopted for providing services and security mechanisms to users. The modules *Modeler*, *Runner* and *Infra Assurer* can support this feature. Besides, the framework can orchestrate cloud services and security mechanisms provided by more than one cloud solution.

A. Lifecycle Integration

The framework was designed to support the SLA lifecycle phases. The relation between the lifecycle phases and framework modules, along with the lifecycle workflow is illustrated in the Figure 3.

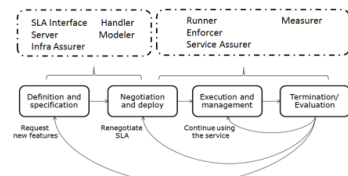


Figure 3. Relation between SLA lifecycle and proposed framework

It can be verified that the *Definition and Specification* phase support the customer activities, to compose a contract for the desired SLA, which has to be established and accepted by the both parties, service provider and consumer. This activity is supported by the framework modules the *SLA Interface*, *Server* and *Infra Assurer*. After defining the SLA, it has to be *Negotiated* and then *Deployed* in the cloud solution. For the *Negotiation* activity the modules applied by previous phase are referred to. For the *Deployment* activity the framework provides the modules *Runner*, *Enforcer* and *Service Assurer*. After the deployment of the services and security mechanisms related, the requested service is applied. The adequate deployed environment has to be *Executed* and *Managed* to ensure that the security levels defined are attended to. To support the phase

activities the framework provides the modules *Runner*, *Enforcer* and *Service Assurer*. For the service release instances, there is a *Termination* phase followed by *Evaluation* related to accounting and billing. To support *Termination* the framework provides the modules *Runner*, *Enforcer* and *Service Assurer*. To support *Evaluation* the framework uses the module *Service Assurer*. Considering the workflow of a SLA lifecycle, it is possible to migrate from the last phase back to the first phase (e.g., if the customer requests new features or if the contract has to be changed). It is also possible migrate back to the second phase, if the SLAs have to be renegotiated. Finally, it is possible migrate back to the third phase if the customer simply wants to continue using the service with the previously set SLA definitions.

B. OpenStack Integration

To support the proposed framework, a cloud solution is necessary in order to provide services and the security mechanisms related. The integration process between the cloud solutions require open access to information related to internal architecture and source code of services provided (e.g., virtual machines, storage, images, etc). Each service possesses its internal communication and security mechanisms, and was identified through source code analysis. The OpenStack Icehouse release series was nominated as cloud solution to support this integration due to their importance in the cloud computing scenery, for providing the necessary resources and for its open source code. Furthermore, OpenStack is considered the largest most active community when compared to solutions such as OpenNebula, Eucalyptus and CloudStack [21].

The Nova service source code, which provides compute resources (VM) to users, was analyzed in relation to their existing security mechanisms. Two functionalities and four security mechanisms are going to be presented. They are examples of native, non-native, and proposal of new mechanisms. The security mechanisms presented had their impact analyzed in terms of the CIA triad [22] based on the NIST security standards [23][24]. Figure 4 illustrates the mechanisms and their security analysis.

Service	Functionalities	Security mechanisms	CIA
Compute	Boot VM	Hash VM related files	* * *
		Check physical machine reliability	* * *
		Seal VM using TPM	* * *
	Delete VM	Enforce complete disposal	* * *

Figure 4. Security mechanism for Nova service and their analysis

Three functions of the *Boot VM* functionality can be improved. The first is hash VM related files, this action increases the service integrity. This is an example of native mechanism. The second checks the reliability of the physical machine (TPM-based infra), this action increases both integrity and availability. The third seals the VM by using TPM or vTPM (VM assurance), this action increases service confidentiality and integrity. The cloud infrastructure may have physical computing resources TPM-based for deployment to customers and vTPM to support the VM deployment. The TPM primitives (e.g. attestation, binding, sealing, etc.) can support the nonnative second and third functions. The *Delete VM* functionality can be developed to enforce the complete disposal process, this action increases service confidentiality.

This is an example of security mechanism that can be developed by the cloud provider or third parties.

The same analysis can be made to other OpenStack services related to security mechanisms and their security impacts. The security mechanisms can be applied by the framework throughout the entire SLA lifecycle, supporting the need for management and enforcement of contracted security requirements.

To present the integration of the framework proposed (*SLA Interface* and *SLA Engine*) within cloud service (Nova) and security mechanism (TPM-based infra) the sequence diagrams were elaborated. The cloud operations (define SLA and deploy VM) and security mechanisms (TPM-based infrastructure and VM assurance) were selected to produce the sequence diagrams that illustrate the modules operations. The framework side of the *SLA Interface* defines a SLA and selects the *SLA Engine*.

1) *Sequence Diagram - Define SLA*: The process of SLA definition is illustrated in Figure 5.

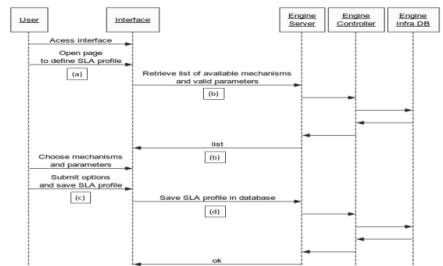


Figure 5. Sequence diagram of Define SLA process

The process is illustrated by the following steps: (a) user accesses the *SLA Interface* (GUI) and opens the page for defining the SLA. (b) The interface retrieves the information to the user from the *SLA Engine* by presenting the available security mechanisms related to the Nova service. The user then sets the desired SLA definitions. (c) The set configuration of the security mechanisms and parameters related are submitted by the user. (d) The SLA is configured as a profile which is stored in the *Engines Service DB* and the provider confirms the operation to the user.

2) *Sequence Diagram - Deploy a VM*: The VM deployment process is presented in two phases. The first is a definition of the features related to VM is illustrated in Figure 6.

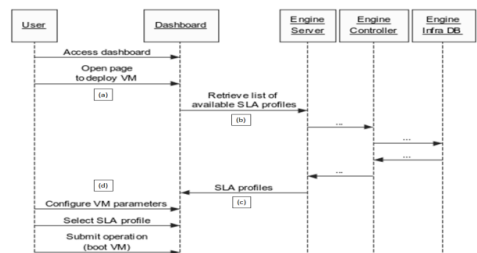


Figure 6. Sequence diagram of Deploy VM process – first phase

The process is illustrated by the following steps: (a) the user accesses the OpenStack Dashboard and open the create VM option. (b) The interface retrieves information from the SLA profile. (c) The *SLA Engine* queries the *Service DB* and sends the defined and available profiles. (d) The user sets up the VM parameters (flavor, memory, image, etc.) and the desired SLA profile. Finally, the user submits the request to OpenStack. In the second phase the VM parameters and SLA profile submitted are handled by the SLA Engine. This phase is illustrated in Figure 7.

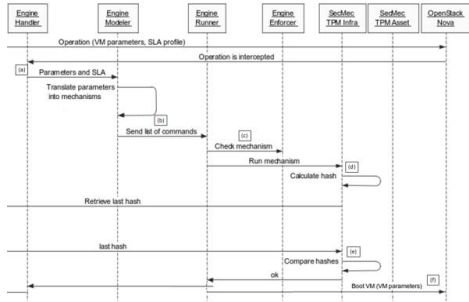


Figure 7. Sequence diagram of Deploy VM process – second phase

The process is illustrated by the following steps: (a) the request is intercepted by *Handler*, which reads the SLA profile information and sends it to *Modeler*. (b) *Modeler* receives the parameter of the SLA profile and defines the adequate commands; then, in the correct order, sends it to be run by *Runner*. (c) *Runner* executes the commands while checking with the *Enforcer*, which guarantee that the right commands are being executed in the right order (in compliance with the SLA). (d) *Runner* executes the command which gathers the information of infrastructure (hardware and software) and hashes it. The information is processed by the TPM module and stored in *Infra DB*. This hashed information is also compared to the previously stored database in order to verify modification occurrences of the infrastructure. (e) After confirmation, *Runner* executes the command to Boot VM with the requested parameters.

Through the sequence diagrams are presented how the user defined the SLA and how this SLA is applied within the Nova cloud services in order to deploy a VM with security features provided by the mechanism. Then, the communication and interaction between the framework modules and cloud solution are presented.

C. Preliminary Validation

The proposed framework was designed based on functional (FR) and non-functional (NFR) requirements defined by the team members attending the necessity to orchestrate the deployment of security SLAs for the cloud environment. The validations of requirements (VFR/VNFR) are presented:

- FR1: The solution must provide a graphical interface to allow easy interaction between the user and the mechanisms, providing visualization tools to define the required SLA levels.

- VFR1: To satisfy the requirement the *SLA Interface* and *SLA Client* was designed, providing the required interface.
- NFR2: The solution must provide a command line interface to allow easy integration between itself and other programs or scripts.
- VNFR2: To satisfy the requirement the *SLA Client* was designed, providing the required interface.
- NFR3: The solution must provide a transparent communication interface to interact with any type of interface (e.g. via HTTP requests).
- VNFR3: This requirement was satisfied by the *Server* module that provides a transparent communication interface.
- FR4: The solution must handle the input parameters defined by the user, thus defining which security mechanisms and cloud services are necessary to provide the SLA levels specified by the user.
- VFR4: To satisfy the requirement the *Handler* was designed, providing the adequate services and mechanisms to be applied in the deployment of the service.
- FR5: The solution must allow integration to multiple cloud environments (e.g. OpenStack, OpenNebula, AWS), without being restricted to any specific environment.
- VFR5: This requirement was satisfied by the *Modeler* module that provides a translate mechanisms to the adequate cloud solution.
- FR6: The solution must define the execution order of commands while providing the SLA levels specified.
- VFR6: To satisfy the requirement the *Runner* was designed, providing the interface to execute the right commands to the cloud solution adopted.
- FR7: The solution must provide assurance regarding both the execution order and the SLA levels actually delivered, and the assurance must cover both how the service is delivered and how the infrastructure is deployed.
- VFR7: This requirement was satisfied by the *Service Assurer* and *Infra Assurer* modules that provide the adequate mechanism to guarantee that execution order and service comply with SLA agreed. Through these modules is possible to audit the environment, verifying that the SLA was complied by the cloud provider.
- FR8: The solution must provide accountability related to its own operations and also the services and actions performed in the cloud, and the information should be stored in adequate databases.
- VFR8: To satisfy the requirement the *Service Assurer* and *Infra Assurer* modules was designed, each module store the operations performed by the cloud in the

respective database, providing the accountability of the environment.

It can be verified that the proposed framework can support the definition of security requirements through SLA and orchestrate the deployment of cloud service and security mechanism based no defined SLA. Beyond that the framework can provide the auditability, which is an interesting and requested feature for cloud providers and consumers.

IV. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The need for addressing security requirements in cloud computing SLA, as a fundamental aspect of development, consolidation, advancement and management of cloud technology was presented. The process defined by the SLA lifecycle can assist in the management of cloud services due to the shared responsibilities between providers and consumers required by the cloud environment. This management is accomplished by well-defined phases and it can also improve the control and mitigation of security issues desired for this environment, thereby reducing the risks from both sides. The proposed framework was presented and validated as a solution to manage the lifecycle of security SLAs for the cloud context in an automated and flexible manner. Thus, improving the security and compliance required by consumers. The outcome of the analysis advocates that security research requirements in cloud computing are currently at embryonic stages. Therefore, efforts from the security communities to adequately define those security requirements for cloud environments, as well as the metrics to properly measure cloud services, are needed in order to improve the desired management of security issues required by consumers and cloud providers. For future work, it is necessary to fully implement the framework, test and evaluate the results, along with their integration with OpenStack. Furthermore, automated discovery and integration of security mechanisms are interesting topics for future research.

REFERENCES

[1] P. Mell and T. Grance, "The nist definition of cloud computing," National Institute of Standards and Technology (NIST), Tech. Rep. 800-145, September 2011. [Online]. Available: <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>.

[2] D. Csaplar, "Who is adopting the public cloud faster ? north america or europe ?" Aberdeen Group, Tech. Rep., July 2013. [Online]. Available: <http://www.aberdeen.com/Aberdeen-Library/8565/AI-public-cloud-adoption.aspx>.

[3] D. A. Fernandes, L. F. Soares, J. a. V. Gomes, M. M. Freire, and P. R. Inácio, "Security issues in cloud environments: A survey," *Int. J. Inf. Secur.*, vol. 13, no. 2, pp. 113–170, Apr. 2014. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s10207-013-0208-7>.

[4] S. Bouchenak, G. Chockler, H. Chockler, G. Gheorghie, N. Santos, and A. Shraer, "Verifying cloud services: Present and future," *SIGOPS Operating Systems Review*, vol. 47, no. 2, pp. 6–19, July 2013. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/2506164.2506167>.

[5] W. Huang, A. Ganjali, B. H. Kim, S. Oh, and D. Lie, "The state of public infrastructure-as-a-service cloud security," *ACM Comput. Surv.*, vol. 47, no. 4, pp. 68:1–68:31, Jun. 2015. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/2767181>.

[6] C. M. University, "Service measurement index," CMU, Moffett Field, CA, United States, Tech. Rep., 2011.

[7] N. M. Gonzalez, C. Miers, F. F. Redigolo, T. C. M. B. Carvalho, M. A. S. Jr., M. Nslund, and M. Pourzandi, "A quantitative analysis of current

security concerns and solutions for cloud computing." *Journal of Cloud Computing: Advances, Systems and Applications*, vol. 11, no. 1, pp. 1–18, 2012.

[8] J. L. Garcia, H. Ghani, D. Germanus, and N. Suri, "A security metrics framework for the cloud." in *SECRYPT*, J. Lopez and P. Samarati, Eds. SciTePress, 2011, pp. 245–250. [Online]. Available: <http://dblp.uni-trier.de/db/conf/secrypt/secrypt2011.html#LunaGGSS11>.

[9] J. Luna, R. Langenberg, and N. Suri, "Benchmarking cloud security level agreements using quantitative policy trees," in *Proceedings of the 2012 ACM Workshop on Cloud Computing Security Workshop*, ser. CCSW '12. New York, NY, USA: ACM, 2012, pp. 103–112. [Online]. Available: <http://doi.acm.org/10.1145/2381913.2381932>.

[10] M. A. T. Rojas, N. M. Gonzalez, F. Sbampato, F. F. Redigolo, T. C. M. B. Carvalho, K. K. Nguyen, and C. Mohamed, "Inclusion of security requirements in sla lifecycle management for cloud computing," in *The 2nd International Workshop on Evolving Security and Privacy Requirements Engineering (ESPRE)*, ser. ESPRE, 2015.

[11] J. Meegan, G. Singh, S. Woodward, S. Venticinque, M. Rank, D. Harris, G. Murray, B. Di Mastimo, Y. Le Roux, J. McDonald, R. Kean, M. Edwards, D. Russel, and G. Malekkos, "Practical guide to cloud service level agreement," Cloud Standards Customer Council (CSCC), Tech. Rep., April 2012.

[12] W. Venters and E. A. Whitley, "A critical review of cloud computing: researching desires and realities." *JIT*, vol. 27, no. 3, pp. 179–197, 2012.

[13] J. Luna, H. Ghani, T. Vateva, and N. Suri, "Quantitative assessment of cloud security level agreements - a case study," in *In Proceedings of the International Conference on Security and Cryptography*, ser. SECRYPT 2012. SciTePress, 2012, pp. 64–73.

[14] P. H. Meland, K. Bernsmed, M. G. Jaatun, A. Undheim, and H. Castejon, "Expressing cloud security requirements in deontic contract languages." in *CLOSER*, F. Leymann, I. Ivanov, M. van Sinderen, and T. Shan, Eds. SciTePress, 2012, pp. 638–646.

[15] A. S. Ferreira, "Uma arquitetura para monitoramento de segurança baseada em acordos de níveis de serviço para nuvens de infraestrutura," *Dissertação de Mestrado*, Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, 2013.

[16] K. W. Ulla, "Automated security compliance tool for the cloud," Master, Department of Telematics, Norwegian University of Science and Technology, NTNU, 2012.

[17] C. A. Silva, A. S. Ferreira, and P. L. Geus, "A methodology for management of cloud computing using security criteria," in *1st Latin American Conference on Cloud Computing and Communications (LatinCloud)*. Porto Alegre, Brasil: IEEE, "November" 2012, pp. 49–54.

[18] M. Rak, L. Liccardo, and R. Aversa, "A sla-based interface for security management in cloud and grid integrations," in *Information Assurance and Security (IAS)*, 2011 7th International Conference, December 2011, pp. 378–383.

[19] Y. Jegou, P. Harsh, R. Cascella, F. Dudouet, and C. Morin, "Managing ovf applications under sla constraints on contrail virtual execution platform," in *Network and service management (cnsm)*, 2012 8th international conference and 2012 workshop on systems virtualization management (svm), Las Vegas, NV, "October" 2012, pp. 399–405.

[20] S. Berger, R. C'aceres, K. A. Goldman, R. Perez, R. Sailer, and L. van Doorn, "vtpm: Virtualizing the trusted platform module," in *Proceedings of the 15th Conference on USENIX Security Symposium - Volume 15*, ser. USENIX-SS'06. Berkeley, CA, USA: USENIX Association, 2006.

[21] Q. Jiang, "Cy13-q4 community analysis openstack vs opennebula vs eucalyptus vs cloudstack." IEEE Organization, Tech. Rep., January 2014. [Online]. Available: <http://www.qyjohn.net/?p=3432>.

[22] M. A. Bishop, *Computer Security: Art and Science*. Addison-Wesley Professional, 2002.

[23] G. Stoneburner, "Underlying technical models for information technology security," National Institute of Standards and Technology (NIST), Tech. Rep. 800-33, December 2001.

[24] P. Bowen, J. Hash, and A. Wilson, "Information security handbook: A guide for managers," National Institute of Standards and Technology (NIST), Tech. Rep. 800-100, October 2006.

Validación arquitectura para la gestión de tecnología de información en ciudades inteligentes.

Validation architecture for information technology management in smart cities.

Gina Paola Maestre Góngora

Estudiante Doctorado en Ingeniería de Sistemas
Universidad del Norte
Barranquilla, Colombia
ggongora@uninorte.edu.co

Wilson Nieto Bernal

Profesor Doctorado en Ingeniería de Sistemas
Universidad del Norte
Barranquilla, Colombia
wnieto@uninorte.edu.co

Resumo — Este artículo presenta un modelo preliminar para la gestión de TI en ciudades inteligentes y su validación. Se asume la tecnología de información como un elemento fundamental y transversal en el desarrollo de las ciudades inteligentes, por ello es necesario su adecuada gestión con el fin de generar valor agregado a cada uno de los sectores de una ciudad: economía, medio ambiente, educación, movilidad, etc. Se expone la base teórica que soporta el modelo, su propósito, usuarios potenciales y arquitectura base. Se analizan los resultados de una validación preliminar sobre el modelo propuesto con el fin de realizar los ajustes necesarios en una versión futura que será sobre la cual se desarrollará un marco de trabajo que incluya un modelo de madurez de capacidad y una guía para el mejoramiento continuo de las ciudades.

Palabras Clave – Ciudades inteligentes; gestión de tecnología; arquitectura empresarial, validación

Abstract — This article presents a preliminary validation of model for IT management in smart cities. Information technology is assumed as a fundamental and cross-cutting element in the development of smart cities, so their adequate management in order to generate added value to each of these sectors is necessary in a city: economy, environment, education, mobility, etc. The theoretical basis that supports the model, its purpose, potential users and base architecture of the model is exposed. The analysis of the results of an initial validation with experts of the proposed model to perform the necessary adjustments to the model in a future release; It will be on which the framework is developed and this will include a capability maturity model and a guide for continuous improvement of the Colombian cities.

Keywords – Smart cities; management, information technology, enterprise architecture, validation.

I. INTRODUCCIÓN

Es innegable la atención hacia las iniciativas y proyectos de ciudades inteligentes en todo el mundo, es así como en Europa y Asia pioneras en estas iniciativas han avanzado de manera significativa; recien-

temente Latinoamérica ha comenzado a liderar este tipo de proyectos.

De manera general podemos asumir que una ciudad inteligente es un territorio caracterizado por el uso intensivo de las tecnologías, principalmente de información y comunicación, para promover la colaboración, la innovación y la eficiencia en el mejoramiento de la calidad de vida y la sostenibilidad de las ciudades a través de servicios tecnológicos hacia los ciudadanos [1].

Si bien las TI son un elemento fundamental también se puede afirmar que las ciudades se enfrentan a retos difíciles como mantener y mejorar las infraestructuras de las TI y las políticas de innovación [2], es decir existe una necesidad de gestionar de manera más eficiente los recursos e infraestructura tecnológica de tal manera que esta se encuentre alineada con los objetivos estratégicos de las ciudades y puedan administrarse de mejor manera los desafíos y cambios emergentes asociados a las TI [3].

Este artículo presenta la arquitectura de un modelo para la gestión de TI de información aplicable al contexto de ciudades inteligentes. El modelo se expone en términos de su propósito, usuarios, principios, características, 7 dimensiones y 34 factores a evaluar.

Posteriormente se presenta una muestra de la validación del modelo por parte de expertos mediante el análisis de resultados de una encuesta con el fin de

desarrollar a futuro un modelo de madurez que sea útiles a las administraciones públicas para valorar la capacidad de la gestión de tecnología en ciudades inteligentes.

II. MARCO TEÓRICO

A. Ciudades Inteligentes

[4] afirma que el objetivo de las ciudades inteligentes es crear un entorno para el intercambio de información, la colaboración, la interoperabilidad y experiencias perfectas para sus habitantes asumiendo la innovación tecnológica como un mecanismo para mejorar los servicios y crear condiciones donde las herramientas pueden ser mejor utilizadas; donde el uso de las tecnologías son indispensables para mejorar la competitividad y asegurar un futuro más sostenible por la relación entre personas, empresas, tecnologías, infraestructuras y gobierno.

Las Tecnologías de Información (TI) son un elemento principal para ofrecer infraestructura, plataformas y soluciones, sin embargo no se puede asegurar una alta inteligencia y capacidad de solución a los problemas a menos que estén integradas a una arquitectura amplia de coordinación entre espacios físicos, institucionales y digitales de las ciudades.

En cuanto al papel de las TI en las ciudades inteligentes [5] afirma que si bien las TI tienen el poder para hacer frente a los desafíos de la gobernanza de las ciudades -y con ello mejorar la calidad de vida de los residentes de la ciudad- el uso exitoso de las TI es mucho más que sólo la inversión en hardware y software; en tal sentido [6] expone que una ciudad inteligente es una ciudad que busca abordar los asuntos públicos a través de soluciones basadas en las TI sobre la base de múltiples partes interesadas en asociación.

En este orden de ideas [7] plantea que hasta ahora el papel de las ciudades y regiones en la innovación basada en las TI en su mayoría está centrada en el despliegue de infraestructura de banda ancha, la estimulación de las aplicaciones basadas en las TI que mejoran la calidad de vida de los ciudadanos se está convirtiendo en una prioridad clave.

III. MODELO PROPUESTO

A continuación se expone la arquitectura base que soporta un modelo de gestión de tecnología de información para ciudades inteligentes que sea aplicable en un futuro al contexto de ciudades colombianas. De manera general se asume las TI como un elemento fundamental, necesario e imprescindible en las iniciativas de ciudades inteligentes por ello se asumirán como el centro del modelo su gestión de tal manera que sea un insumo útil para que desde las TI se puedan direccionar, planear y evaluar diversas características de las ciudades inteligentes como: Economía, Movilidad, Medio Ambiente, Educación, Gobierno y otros, es decir este modelo será flexible y podrá valorar como las TI contribuyen al desarrollo de las ciudades inteligentes en uno o más sectores.

A. Propósito

El modelo es una guía metodológica basada en el ciclo de gestión (P: Planear, H: Hacer; V: Verificar; A: Actuar) para las administraciones públicas, proveedores y académicos que desean valorar y orientar las estrategias de las ciudades inteligentes desde la perspectiva de las tecnologías de información.

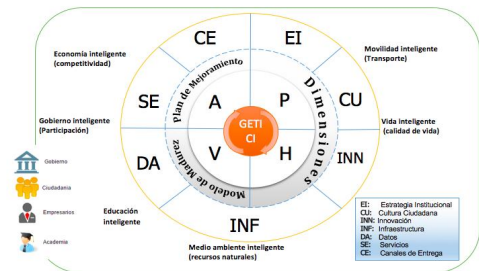


Figure 1. Modelo de Gestión de TI para Ciudades Inteligentes

B. Usuarios Potenciales

El modelo puede ser consultado y usado por:

- Gobierno nacional y local:
 - Ministerio, alcaldías, gobernaciones, secretarías o departamentos de TI del estado
 - Gerentes de TI de las entidades gubernamentales
- Empresarios:
 - Proveedores de servicios y de tecnología
 - Clúster de TI
- Académicos
 - Investigadores
 - Centros Tecnológicos y de Desarrollo

C. Arquitectura

El modelo se concibe desde las ideas principales de las ciudades inteligentes: tecnología, innovación y colaboración, así mismo se incorporan como centro los procesos básicos de la gestión: planear, hacer, verificar y actuar como se muestra en la fig. 1.

En este orden de ideas el marco se compone de los siguientes elementos:

1) Características:

Conjunto de enunciados transversales que guían y orientan el diseño, desarrollo e implementación del framework.

- Centrado en el ciudadano;
- Basado en la colaboración
- Orientado por la tecnología de información

2) Principios:

Conjunto cualidades expresados en forma de reglas de alto nivel, que guían y permiten tomar decisiones sobre una las estrategias, actividades y procesos de gestión de TI en ciudades inteligentes tales como:

- Independencia
- Universalidad
- Estandarizado
- Agrega valor
- Medible

3) Dimensiones:

Estas siete dimensiones propuestas surgen básicamente de los dominios de arquitectura empresarial de TI presentes en diversos marcos de referencia como [10],[11].

Se han definido siete dimensiones, cada una de estas tendrá asociado varios factores a evaluar que en su conjunto describen la dimensión como se muestra en la tabla I:

TABLA I. DIMENSIONES Y FACTORES A EVALUAR

Dimensión	Descripción	Factores a evaluar
Estrategia institucional	Contempla la información referida a cual es objetivo de las TI y los servicios que brinda el estado y su articulación con los marcos legales o regulatorios.	Objetivos institucionales de la ciudad
		Estrategias
		Portafolio (oferta de proyectos TIC)
		Políticas públicas (TIC)
		Capacidad organizativa
Servicios tecnológicos	Gestión de los servicios prestados por las entidades del sector público a	Acceso
		Masificación
		Disponibilidad

	los ciudadanos a través de la infraestructura tecnológica disponible	Plataformas Disponibles
		Usabilidad
		Alineación con la estrategia TI
Cultura	Aspectos asociados a las estrategias que facilitan y promueven un contexto pertinente para el uso y apropiación de las TI	Pedagogía ciudadana
		Participación ciudadana
		Formación ciudadana
Infraestructura	Se refiere a la infraestructura hardware y software y sus instalaciones que permiten el almacenamiento, procesamiento y aseguramiento de las aplicaciones y los datos.	Gestión
		Acceso
		Disponibilidad
		Tecnologías Emergentes
Datos	Conjunto de procesos para la adquisición, procesamiento, almacenamiento, gestión y análisis de grandes volúmenes de datos.	Disponibilidad
		Acceso
		Datos Abiertos
		Privacidad
		Actualización
Canales de Entrega	Mecanismos de comunicación entre el estado y los ciudadanos es decir cómo se entregan los diversos servicios.	Seguridad
		Variedad
		Volumen
		Velocidad
		Contenido
Innovación	Aplicación de métodos, políticas, productos y servicios que aportan de una manera novedosa, eficiente y abierta a los procesos del estado.	Diversificación
		Actividades Ciencia, Tecnología e Innovación
		Capital Humano
		Inversión en I+D+I

4) Modelo de Madurez de Capacidad:

Modelo de evaluación estará basado en las dimensiones y factores asociados a las mismas, a través del cual mediante un conjunto de indicadores y métricas permite la valoración de una ciudad o territorio respecto a la gestión de tecnología en un contexto inteligente.

5) Guía para mejoramiento continuo:

La guía mejoramiento continuo que deberá permitir a que la ciudad llegue a un nivel de madurez alto en todas las dimensiones del modelo en uno o varios sectores

IV. VALIDACION INICIAL DEL MODELO

Actualmente el modelo se encuentra en desarrollo y se ha definido la base teórica que lo soporta, su propósito, usuarios y la arquitectura base en sus principios, características y dimensiones y factores de evaluación que lo integran.

La validación inicial se ha realizado sobre estos elementos mediante una encuesta en línea a expertos y comunidad académica. Se hace el análisis de los resultados obtenidos hasta la fecha. A continuación se detalla el proceso de validación y sus resultados.

A. Propósito de la encuesta

Valorar la pertinencia y relevancia de los principios, características, dimensiones y factores a evaluar propuestos como base para la formulación de un modelo de gestión de Tecnología de Información (TI) aplicable a ciudades inteligentes colombianas.

B. Muestra y perfil del encuestado

La muestra se seleccionó por muestreo no probabilístico por conveniencia donde los sujetos son seleccionados dada la accesibilidad y experticia específica de las personas para la investigación.

Se envió la encuesta a una población de 25 personas con experticia en el tema ya que el objetivo es obtener apreciaciones y aportes significativos que pueden incidir en ajustes futuros y reformulación del modelo si es necesario.

C. Resultados

En este análisis se descartan las encuestas en estado vacío o parciales, a la fecha 15 encuestas se encuentran completas y son las que se consideran para el análisis de resultados.

Perfil Encuestados: De los 15 encuestados el 11 son profesores investigadores de universidades colombianas y de Iberoamérica, 3 estudiantes de doctorado y 1 con otra ocupación. Con respecto a su formación académica el 28,8% tiene título de doctorado, 64,3% maestría y 7,1 % Especialización.

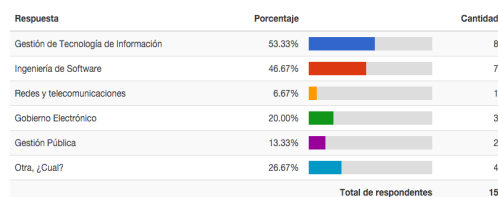


Figure 2. Área de Experticia encuestados

- Valoración sobre la pertinencia de las dimensiones propuestas:

TABLA II. Pertinencia Dimensiones

Dimensión	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Ninguna
Estrategia institucional	64,3%	28,6%	7,1%	0,0%	0,0%
Cultura	28,6%	57,1%	7,1%	7,1%	0,0%
Innovación	50,0%	21,4%	28,6%	0,0%	0,0%
Infraestructura	64,3%	14,3%	21,4%	0,0%	0,0%
Datos	57,1%	28,6%	14,3%	0,0%	0,0%
Servicios tecnológicos	50,0%	42,9%	7,1%	0,0%	0,0%
Canales de entrega	35,7%	42,9%	14,3%	7,1%	0,0%

Al consultar sobre el nivel de importancia de las anteriores dimensiones, evaluando la prioridad de 1 a 7 de cada dimensión donde 1 es la más alta y 7 la más baja promediando los resultados se obtuvo:

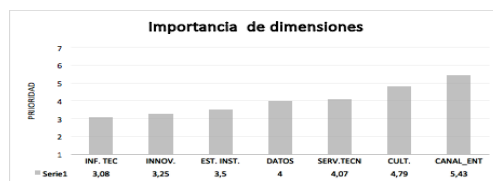


Figure 3. Importancia de las dimensiones

- Sobre la relevancia de los factores de evaluación asociados a cada dimensión:

TABLA III. RELEVANCIA FACTORES DE EVALUACION

Dimensión	Factores a evaluar	Relevancia
Estrategia institucional	Objetivos institucionales de la ciudad	92,90%
	Estrategias	71,40%
	Políticas públicas (TIC)	71,40%
	Capacidad organizativa	50,00%
	Portafolio (oferta de proyectos TIC)	28,60%
Servicios tecnológicos	Acceso	71,40%
	Disponibilidad	71,40%
	Usabilidad	71,40%
	Plataformas Disponibles	64,30%
	Alineación con la estrategia	64,30%
	Masificación	21,40%
Cultura	Formación ciudadana	71,40%
	Pedagogía ciudadana	64,30%
	Participación ciudadana	64,30%
Infraestructura	Disponibilidad	100,00%
	Tecnologías Emergentes	78,60%
	Acceso	71,40%
	Gestión	50,00%
Datos	Disponibilidad	85,70%
	Seguridad	71,40%
	Acceso	64,30%
	Datos Abiertos	57,10%
	Privacidad	50,00%
	Actualización	50,00%
Canales de Entrega	Velocidad	64,30%
	Contenido	64,30%
	Variación	57,10%
	Diversificación	42,90%

	Volumen	28,60%
Innovación	Inversión en I+D+I	85,70%
	Capital Humano	85,70%
	Actividades Ciencia, Tecnología e Innovación	64,30%

Menor del 51%
 Mayor del 80%

- Sobre la pertinencia de los principios y características:

TABLA IV. PERTINENCIA PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS

Principios/ características	Muy Alta	Alta	Media	Baja
Independencia	28,6%	42,9%	28,6%	0,0%
Universalidad	35,7%	50,0%	14,3%	0,0%
Estandarizado	21,4%	50,0%	28,6%	0,0%
Agrega valor	28,6%	64,3%	7,1%	0,0%
Medible	14,3%	71,4%	14,3%	0,0%
Centrado en el ciudadano	64,3%	28,6%	0,0%	7,1%
Basado en la colaboración	14,3%	57,1%	28,6%	0,0%
Orientado por la tecnología de información	21,4%	71,4%	7,1%	0,0%

D. Discusión

Sobre la pertinencia de las dimensiones propuestas en la tabla II se muestra una buena aceptación de las mismas. De las siete, cinco obtuvieron la apreciación como Muy alta (estrategia institucional, infraestructura, innovación, datos, servicios tecnológicos) con una pertinencia del más del 50% y 2 dimensiones alcanzan la categoría alta (cultura y canales de entrega).

Cultura y canales de entrega tuvieron porcentajes en la categoría baja pertinencia, por lo que se concluye que todas son pertinentes en alguna medida para el modelo propuesto.

Según la Tabla III para los encuestados las dimensiones más importantes son infraestructura tecnológica, innovación y estrategia institucional, las menos importantes canales de entrega y cultura, lo que coincide con la Tabla II en la que estas tienen como mayor valoración la categoría Alta y las menos importantes cuentan con algún porcentaje de pertinencia baja.

Sobre la relevancia de los factores de evaluación asociados a estas dimensiones se observa en la tabla IV que de los 32 factores que se colocaron a consideración 8 están por debajo del 50% o menos de aceptación es decir deben ser revisados y reevaluados, 19 están entre 51% y el 80% y 5 tienen una aceptación alta entre el 80% y el 100%.

Este es un aspecto crítico del modelo ya que la elección adecuada de estos factores permitirá la valoración de la característica en su conjunto. Es de analizar con detalle los factores que tuvieron una baja aceptación, reformularlos o eliminarlos según sea el caso.

En cuanto los principios del modelo se aprecia que ninguna obtuvo la mayoría en la categoría de pertinencia muy alta, al parecer si bien tienen una buena aceptación ninguna tiene una apreciación de sobresaliente.

Referente a las características la que obtuvo mayor consenso es la de orientado por la TI, aunque centrado en el ciudadano obtuvo mayoría en la categoría muy alta.

Adicionalmente dentro de la validación se obtuvo información al respecto de nuevas categorías en dimensiones, factores a evaluar, características y principios que pueden ser considerados para una versión futura de la siguiente manera:

TABLA V. APORTES NUEVOS AL MODELO

Dimensiones	Características	Principios
Seguridad, Gestión tecnológica, Auditoria, Ciberseguridad, emprendimiento tecnológico, Industria TIC, aspectos económicos.	Incluyente, orientado por la innovación y el emprendimiento tecnológico, Agilidad en los procesos, Mejora calidad de vida, Sostenible e Innovador	Gestión sostenibilidad, sencillez, adaptabilidad

V. CONCLUSIONES

El modelo propuesto será útil como una guía de la visión estratégica de TI aplicable a iniciativas con ciudades inteligentes. Está dirigido a las entidades que conforman la administración pública con el fin de contribuir con la construcción de un estado abierto, más eficiente, transparente, participativo y que

preste mejores servicios con la colaboración de toda la sociedad, lo cual facilitará la implementación y el desarrollo de ciudades y gobiernos inteligentes.

En la actualidad las ciudades colombianas no cuentan con modelos de valoración sobre la capacidades de gestión de tecnología, por ello el modelo propuesto es un instrumento que puede aportar desde la tecnología a la construcción e implementación de iniciativas de ciudades inteligentes.

El proceso de validación con expertos sobre la arquitectura permitió evidenciar la pertinencia de cada uno de los componentes del mismo. De manera general hay una buena aceptación hacia este trabajo desde la comunidad académica.

Es necesario la revisión de los dimensiones que tuvieron la más baja aceptación con del fin de reformularlas o definir las de una mejor manera, en cuanto a los factores de evaluación es necesario asociar métricas e indicadores adecuados que permitan el desarrollo de un modelo de madurez consistente y robusto.

El aporte de expertos en el tema ha sido significativo para validar las ideas expuestas, así mismo se han de considerar las sugerencias de nuevos elementos para incorporar los en una nueva versión del modelo.

AGRADECIMIENTOS

Al Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación- COLCIENCIAS por el apoyo para el desarrollo de la tesis "Framework para la gestión de tecnología de información en ciudades inteligentes colombianas" en marco de la beca de estudios de doctorado nacional en la Universidad del Norte- Doctorado en Ingeniería de Sistemas y Computación.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] G. P. Maestre, "Revisión de literatura sobre ciudades inteligentes: Una perspectiva centrada en las TIC," *Ingeniare*, vol. In press, 2016.
- [2] N. Komminos, H. Schaffers, and M. Pallot, "Developing a policy roadmap for smart cities and the future internet," in *eChallenges e-2011 Conference Proceedings. IIMC International Information Management Corporation*, 2011.
- [3] G. P. Maestre Góngora and W. Nieto Bernal, "Factores Clave en la Gestión de Tecnología de Información para Sistemas de Gobierno Inteligente," *Journal of technology management & innovation*, vol. 10, pp. 109-117, 2015.
- [4] T. Nam and T. A. Pardo, "Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions," presented at the Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times, 2011.
- [5] E. I. Unit, G. Britain, and S. Aktiengesellschaft, "ICT for City Management: Using Information and Communications Technology to Enable, Engage and Empower City Stakeholders: a Research Project," Siemens, http://www.economistinsights.com/sites/default/files/Siemens_Reports_2010_FINAL_TO_PRINT.pdf#2010.
- [6] C. Manville, G. Cochrane, J. Cave, J. Millard, J. K. Pederson, R. K. Thaarup, et al., "Mapping Smart Cities in the EU," European Parliament, [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/5_07480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf#2014](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/5_07480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf#2014).
- [7] H. Schaffers, N. Komminos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson, and A. Oliveira, *Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation*: Springer, 2011.
- [8] ANSI/IEEE, "Recommended Practice for Architectural Description of Software Intensive Systems (IEEE Std 1471-2000)," ed, 2000.
- [9] P. Saha, "ENTERPRISE ARCHITECTURE AS PLATFORM FOR CONNECTED GOVERNMENT," NUS Institute of Systems Science, Singapore, 2010.
- [10] The Open Group, "Architecture Framework (TOGAF) Version 9," *The Open Group*, vol. 1, 2009.
- [11] J. Zachman, "A framework for information systems architecture," *IBM systems journal*, vol. 26, pp. 276-292, 1987.
- [12] R. S. Bittler and G. Kreizmann, "Gartner enterprise architecture process," *Evolution*, vol. 21, 2005.
- [13] U. Department of Defense, "The Department of Defense Architecture Framework (DoDAF), version 2.0," ed, 2009.
- [14] T. C. I. O. Coincil, "Federal Enterprise Architecture Framework (FEA), version 1.1 . .," 1999.

Sistema de Informação Geográfico Web da Cidade de Luziânia

Web Geographic Information System of the Luziânia City

Yago Luiz dos Santos
Departamento de Áreas Acadêmicas
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Luziânia, Brasil
yago.luiz@gmail.com

Henrique Pereira de Freitas Filho, Maristela Holanda
Departamento de Ciência da Computação
Universidade de Brasília
Brasília, Brasil
henripff@gmail.com, mholanda@cic.unb.br

Resumo — Para gerenciar o grande volume de informações de serviços da cidade brasileira de Luziânia, relacionados a educação, lazer, saúde e segurança, é necessário a criação de um sistema de informação capaz de organizar e armazenar essas informações, além de realizar o tratamento computacional das informações que indicam localização geográfica. Um Sistema de Informação Geográfico (SIG) é um sistema de informação com a capacidade de representar dados alfanuméricos e geográficos. Neste contexto, este artigo propõe o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfico Web (SIG Web) a fim de facilitar a organização, gerenciamento e visualização de dados da cidade de Luziânia relacionados aos serviços de educação, lazer, saúde e segurança.

Palavras Chave - *Sistema de Informação Geográfico Web; Dados Geográficos; Educação; Lazer; Saúde; Segurança; Luziânia; Brasil.*

Abstract — To manage the large volume information in the Brazilian city of Luziânia, related to education, entertainment, health and safety, is required the development of an information system capable of performing the computational treatment of such information. A Geographic Information System (GIS) is an information system with the ability to represent alphanumeric and spatial data. In this context, this article proposes the development of a Web Geographic Information System (GIS Web) in order to facilitate the organization, management and visualization of data from city Luziânia related to education, entertainment, health and security.

Keywords - *Geographic Information System Web; Geographics Data; Education; Entertainment; Health; Security; Luziânia; Brazil.*

I. INTRODUÇÃO

A cidade de Luziânia, município do estado brasileiro de Goiás, possui uma população de aproximadamente 200 mil habitantes, sendo a quinta mais populosa e com um dos maiores colégios eleitorais do estado. Seu Produto Interno Bruto (PIB) se destaca por ser um dos maiores do estado, e está voltado para três grandes áreas: agropecuária, indústria e serviços [1].

A cidade possui inúmeras informações sobre serviços básicos que são essenciais para a população, entre eles, serviços relacionados a educação, lazer, saúde e segurança. Atualmente, não há um sistema que gerencie esses serviços. Todas as informações são organizadas apenas em documentos físicos e planilhas eletrônicas, o que dificulta o acesso posterior, permitindo possíveis falhas e inconsistências que podem ser geradas com o tempo, dificultando assim, a tomada de decisão dos gestores da cidade. Além disso, não existe um banco de dados para armazenamento e manutenção dos dados, principalmente os que indicam localização geográfica. É de grande importância que a população utilize serviços públicos de qualidade e de fácil acesso.

É necessário organizar essas informações de forma a se criar uma base de dados confiável e segura do município, sendo possível inserir novos dados e também novos serviços. Para organizar esses dados, um banco de dados geográfico é fundamental por conseguir armazenar tanto dados alfanuméricos como geográficos, obtendo assim uma organização mais segura e eficiente dos dados que possuem localização geográfica, evitando falhas cadastrais de novos dados, facilitando a tomada de decisão em relação às políticas públicas pelos gestores da cidade e permitindo que a população tenha acesso às informações de forma georreferenciada de uma maneira rápida e sem restrições. Para realizar a visualização, edição e o cadastro de novos dados, é necessário o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfico Web (SIG Web), sistema de informação com a capacidade de representar dados alfanuméricos e geográficos na Web.

Nesse contexto, este artigo propõe a criação de um banco de dados geográfico para a organização dos dados relacionados a educação, lazer, saúde e segurança da cidade de Luziânia e o desenvolvimento de um SIG Web para a visualização, edição e cadastro dos dados obtidos.

As próximas seções deste artigo estão divididas da seguinte maneira: II Sistema de Informação Geográfico, onde são apresentados os conceitos de Sistema de Informação Geográfico; III Modelo de Dados, onde são abordados o

modelo de dados e a metodologia de coleta de dados do projeto; IV Tecnologias Utilizadas, onde é apresentada as tecnologias utilizadas no projeto; V Arquitetura, onde é apresentada a arquitetura abstrata utilizada neste projeto; VI Interface, onde são apresentadas as principais funcionalidades do sistema; VII Trabalhos Relacionados, onde são apresentados alguns SIG utilizados no Brasil; VIII Conclusões, onde são apresentados os resultados do projeto e os trabalhos futuros.

II. SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICO

O termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos. A principal diferença de um SIG para um sistema de informação convencional é sua capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos [2]. Os SIGs passaram a utilizar cada vez mais os recursos dos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBD), principalmente com o surgimento de extensões espaciais, o que facilitou o desenvolvimento do banco de dados geográfico dos SIGs [3][4].

O SIG é usado frequentemente em projetos de pesquisas ambientais e urbanas, de análise de mercado, de monitoramento de recursos naturais, e também por outros profissionais cujo trabalho se baseia em mapas, possibilitando uma visão ampla e rápida de informações. Este trabalho é possível por meio do georreferenciamento da geometria e os atributos dos dados, ou seja, a localização dos dados é apresentada em mapas [5].

É considerado um SIG Web, qualquer SIG que utiliza tecnologias da Web para interação de dados geográficos, permitindo a visualização dos dados através do uso do *browser*. A utilização do SIG Web permite que o usuário interaja constantemente com o sistema, considerando a facilidade de acesso através de um *browser*, podendo assim, ser acessado de qualquer navegador [6].

III. MODELO DE DADOS

A estrutura do banco de dados geográfico do Sistema de Informação Geográfica Web da Cidade de Luziânia (SIG Web Luziânia) foi definida a partir do modelo conceitual de dados, modelo no qual fornece uma abstração dos dados. O modelo *Object Modeling Technique for Geographic Applications* (OMT-G) foi utilizado para a criação do modelo conceitual. O OMT-G foi elaborado a partir das primitivas definidas do diagrama de classes da UML, adicionando-se primitivas geográficas com o objetivo de aumentar a capacidade de representação semântica do espaço [7]. O modelo de dados OMT-G é o padrão definido pela Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) para modelagem de dados conceituais [8].

A Fig. 1 apresenta o modelo OMT-G do SIG Web Luziânia e suas respectivas entidades. As principais entidades do modelo são as entidades de: Educação, Lazer, Saúde e Segurança. Respectivamente, representam as entidades com características geográficas do modelo, além de possuir relacionamentos com outras entidades auxiliares não geográficas. A entidade Cidade armazena informações sobre a cidade onde está sendo referenciada os dados (no caso deste

artigo, a cidade de Luziânia), se relacionando com as 4 entidades geográficas do projeto (Educação, Lazer, Saúde e Segurança). A entidade Educação armazena os dados sobre as instituições de ensino, se relacionando com a entidade Avaliação onde é armazenado as avaliações de ensino existentes.

A entidade Lazer armazena os dados das localidades de entretenimento, se relacionando com a entidade Tipo Lazer onde é armazenado o tipo específico da localidade (praça, teatro, cinema, etc). A entidade Saúde armazena os dados das localidades de saúde, se relacionando com a entidade Tipo de Saúde onde é armazenado o tipo específico da localidade (hospital, posto de saúde, etc) e com a entidade Especialidade onde é armazenado as especialidades médicas presentes nas localidades de saúde. A entidade Segurança armazena os dados das localidades de segurança, se relacionando com a entidade Tipo Segurança onde é armazenado o tipo específico da localidade (delegacia, presídio, órgão de justiça, etc). Por fim, a entidade Usuário armazena os dados dos administradores do sistema, podendo ser delimitado por um perfil, presente na entidade Perfil.

A coleta de dados de todos os serviços da cidade de Luziânia relacionados a educação, lazer, saúde e segurança, foi realizada através de dados disponibilizados pela prefeitura da cidade, dados públicos encontrados na Internet e através de conhecimento empírico da localização dos serviços coletados.

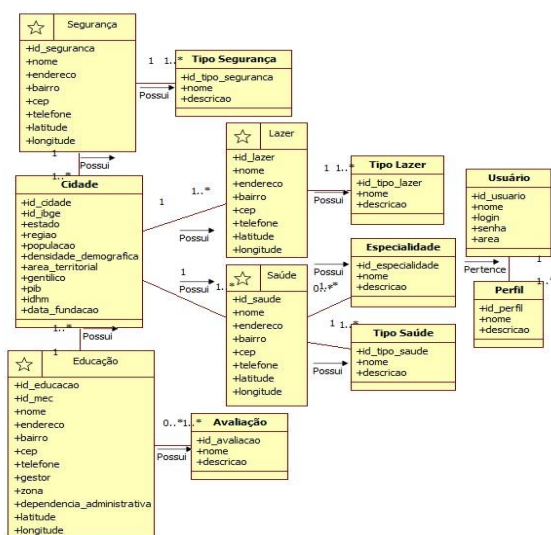


Figura 1. Modelo OMT-G do SIG Web Luziânia.

Os dados relacionados a educação são de escolas, facultades e escolas técnicas, todas distribuídas no âmbito municipal, estadual, federal e privado. Através de gráficos é visualizado informações disponibilizadas pelo Ministério da Educação (MEC), com as notas das instituições de ensino nas avaliações do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). Os

dados sobre saúde são de hospitais e postos de saúde, contendo as especialidades médicas presentes em cada um dos hospitais ou postos de saúde. Os dados sobre lazer são de localidades que envolvem entretenimento, entre elas: praças, quadras poliesportivas, teatro, cinema, restaurante e bares. Os dados sobre segurança são de delegacias, presídios, órgãos de justiça e batalhões policiais.

Após a coleta dos dados, os dados foram organizados e inseridos em um banco de dados geográfico, para que a geometria da localização exata de cada serviço fosse registrada.

IV. TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para realizar a implementação do SIG Web Luziânia, foram utilizadas as seguintes tecnologias listadas a seguir.

A. C#

A linguagem de programação C# foi utilizada na implementação do projeto no lado do servidor. O C# é uma linguagem livre para uso, multiplataforma, interpretada, orientada a objetos, fortemente tipada e altamente escalável [9].

B. ASP.NET MVC

O *framework* de desenvolvimento Web utilizado na implementação do projeto foi o ASP.NET MVC, *framework open source* que utiliza o padrão de arquitetura de software *Model-View-Controller* (MVC) em sua estrutura. Os principais conceitos do padrão de arquitetura MVC são a separação de conceitos em modelo (*model*), visão (*view*) e controlador (*controller*) [10][11].

C. HTML, CSS e JavaScript

Para a visualização da interface Web do sistema, foi utilizado as tecnologias mais recentes como o *Hypertext Markup Language* (HTML), versão 5, *Cascading Style Sheets* (CSS), versão 3, e JavaScript. Por utilizar essas tecnologias, o sistema é totalmente responsável e acessível em dispositivos móveis.

D. Leaflet

Para a visualização dos dados no mapa na interface Web foi utilizado o Leaflet. O Leaflet é uma biblioteca *open source* desenvolvida em JavaScript para o uso de mapas interativos contendo suporte a dispositivos móveis [12].

E. GeoJSON

A representação da geometria dos dados que possuem localização geográfica no mapa na interface Web foi realizado através do GeoJSON. O GeoJSON pode representar uma geometria, uma função, ou um conjunto de características, suportando os seguintes tipos de geometria: *Point*, *LineString*, *Polygon*, *MultiPoint*, *MultiLineStrings*, *MultiPolygon*, *GeometryCollection*. O GeoJSON utiliza o formato JSON [13] para estruturar os dados [14].

F. RESTful

REST significa *REpresentational State Transfer* (ou Transferência de Estado Representativo, em tradução livre) é

um estilo de arquitetura de software na Web. O REST descreve qualquer interface Web simples que utiliza XML e HTTP, por exemplo: JSON, ou simplesmente texto puro. Na medida em que os sistemas estão em conformidade com as restrições do REST eles podem ser chamados RESTful. Sistemas RESTful normalmente se comunicam através do protocolo HTTP e sua interface de métodos (GET, POST, PUT, DELETE, entre outros). Para realizar as chamadas dos dados via JSON no projeto foi utilizado o sistema RESTful [15][16].

G. ASP.NET Web API

Para realizar a comunicação RESTful no projeto, foi utilizado o ASP.NET Web API, *framework open source* responsável por construir serviços HTTP [17].

H. PostGIS

O SGBD utilizado no projeto foi o PostgreSQL com extensão espacial PostGIS, ambos *open source* e livre para uso. O PostgreSQL é um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto Relacional (SGBD-OR) e o PostGIS é uma extensão espacial responsável pela manipulação de objetos geográficos [18][19].

V. ARQUITETURA

A arquitetura abstrata do SIG Web Luziânia é apresentada na Fig. 2.



Figura 2. Arquitetura abstrata do SIG Web Luziânia.

A arquitetura presente no SIG Web Luziânia é proposta para que o sistema seja extensível, onde cada serviço é implementado em uma camada diferente. O SIG Web Luziânia utiliza a arquitetura *thick client* [5] e está dividida em três grandes módulos: Camada de Interface, Camada de Aplicação e Camada de Persistência.

- A Camada de Interface é responsável pela interação do sistema com o usuário através de formulários e da visualização dos dados;
- A Camada de Aplicação é responsável pelo mecanismo de gerar os dados do mapa;

- A Camada de Persistência é responsável pelo tratamento e armazenamento dos dados em um SGBD.

O usuário interage com a Camada de Interface a partir de um navegador Web. Ao acessar a página inicial do sistema, o usuário irá visualizar os dados georreferenciados plotados no mapa, além de visualizar esses dados com mais detalhes nos formulários apresentados na página inicial. A área administrativa do sistema possui formulários para inserção, visualização, atualização e deleção dos dados.

A camada de aplicação é responsável por gerar os dados que serão plotados no mapa. Essa camada é composta pelo sistema RESTful e para comunicação desse sistema é usado o *framework* ASP.NET Web API. O formato da saída dos dados realizada na chamada RESTful é JSON. O GeoJSON é responsável por codificar estruturas de dados geográficos fazendo uso do formato JSON. Por ser baseado no formato JSON os dados são armazenados de maneira mais organizada e mais compacta do que o formato XML. O Leaflet é responsável pela criação dos mapas na tela do navegador, fazendo uso do GeoJSON para visualização dos dados gerados.

Por fim, a Camada de Persistência é responsável pelo armazenamento dos dados do sistema. Os dados são armazenados no SGBD PostgreSQL, com a extensão espacial PostGIS para o armazenamento dos dados geográficos.

VI. INTERFACE

O SIG Web Luziânia é composto por duas partes: a georreferenciada (parte inicial) e a área administrativa. Na parte georreferenciada ocorre a visualização dos dados georreferenciados (educação, lazer, saúde e segurança) no mapa. A Fig. 3 mostra a página inicial do sistema, composto pela visualização dos dados georreferenciados e os menus do sistema. Os pontos na cor verde, amarelo, vermelho e azul, representam respectivamente dados sobre educação, lazer, saúde e segurança, conforme a legenda apresentada na parte inferior do mapa. A página inicial é composta pelos respectivos menus:

- “Educação”: responsável por visualizar as instituições de ensino e suas avaliações através de gráficos;
- “Lazer”: responsável por visualizar as localidades de entretenimento e seus tipos de entretenimento;
- “Saúde”: responsável por visualizar as localidades de saúde, tipos de localidades e especialidades;
- “Segurança”: responsável por visualizar todas as localidades de segurança e seus tipos de localidades.

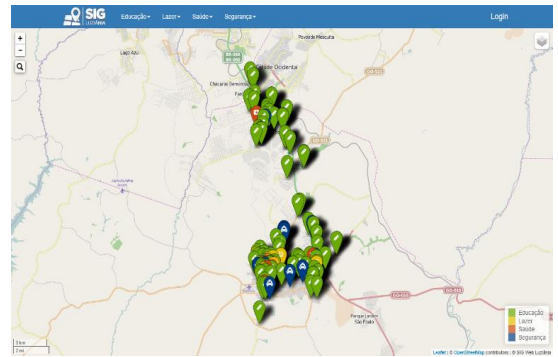


Figura 3. Página inicial do SIG Web Luziânia.

Na página inicial do sistema é possível interagir com o mapa. A Fig. 4 mostra a interação com a visualização dos dados representados no mapa, onde a partir do clique do mouse é possível visualizar informações do ponto desejado e como é apresentada as camadas representadas no mapa (educação, lazer, saúde e segurança), assim como o tipo de mapa a ser visualizado (rua ou satélite).



Figura 4. Interação com a visualização do mapa.

A Fig. 5 mostra a interação com a parte de pesquisa dos dados do mapa, onde é possível realizar pelo nome das instituições. Ainda é possível interagir com o mapa através do zoom.

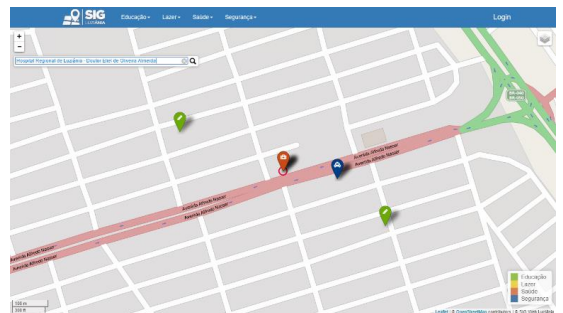


Figura 5. Interação com a pesquisa do mapa.

Ainda na parte inicial do sistema é apresentado menus onde todos os dados apresentados no mapa são organizados e visualizados. No sistema é possível comparar as notas das instituições de ensino da cidade através de gráficos representando as notas no ENEM e IDEB, os dois principais programas de avaliação da educação do Brasil. A Fig. 6 apresenta o gráfico representando as notas das instituições de ensino e suas evoluções no ENEM, presente no menu “Educação”.

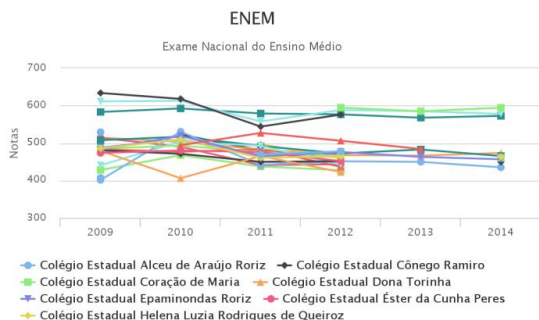


Figura 6. Notas das instituições de ensino no ENEM.

O sistema possui a funcionalidade onde é possível pesquisar as especialidades médicas presentes em cada localidade de saúde. Localizada no menu “Saúde” do sistema, a Fig. 7 apresenta as especialidades médicas presente em um hospital.



Figura 7. Especialidades de saúde presente em um hospital.

A área administrativa do sistema é responsável pelo acesso e controle dos dados apresentados no mapa. Após efetuado o login pelo usuário é visualizado a tela da área administrativa, responsável pelo controle dos dados do SIG Web Luziânia. A área administrativa é composta pelos respectivos menus:

- “Administrador”: responsável por gerenciar os administradores do sistema;
- “Educação”: responsável por gerenciar as instituições de ensino e suas avaliações;
- “Lazer”: responsável por gerenciar as localidades de entretenimento e seus tipos de entretenimento;
- “Saúde”: responsável por gerenciar as localidades de saúde, tipos de localidades e especialidades;
- “Segurança”: responsável por gerenciar todas as localidades de segurança e seus tipos de localidades.

Na área administrativa do sistema, são realizadas todas as operações de controle de dados (inserir, visualizar, atualizar e excluir). Estas operações de controle estão presentes em *pop-up's* nos menus do sistema, assim como a possibilidade de inserir a localização atual de forma automática pelo sistema. A Fig. 8 representa respectivamente as operações de adicionar e excluir presentes no menu “Lazer” e “Saúde”.

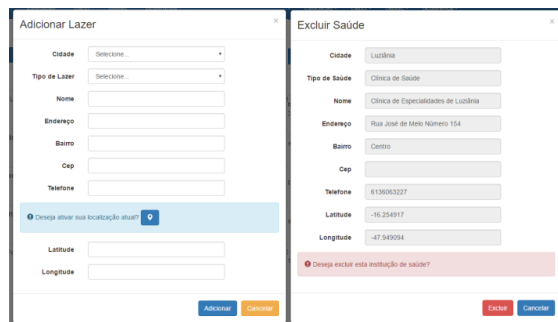


Figura 8. Pop-up para adicionar e excluir informações.

VII. TRABALHOS RELACIONADOS

A grande extensão do território brasileiro em conjunto com sua população, torna o uso de um SIG para o gerenciamento das informações fundamental. Como SIGs Web brasileiros relacionados a este trabalho temos: Sistema de Informação Geográfica de Londrina (SIGLON) e o Sistema de Informação Geográfica de Goiânia (SIGGO).

Desenvolvido pela Prefeitura de Londrina, estado brasileiro do Paraná, o SIGLON é um SIG Web onde estão reunidas informações da cidade de Londrina, sendo as principais: educação, cultura, zoneamento e hidrografia. O sistema possui uma interface simples e intuitiva com funcionalidades de visualização das camadas, zoom, medição, entre outras. O sistema utiliza tecnologias recentes em sua implementação: HTML, CSS, Javascript e API ArcGIS Javascript [20].

O SIGGO, apresenta informações da cidade de Goiânia, estado brasileiro de Goiás. Através do SIGGO é possível obter as seguintes informações da cidade: bairros, quadras, lotes, ruas, praças, avenidas, hidrografia, escolas e unidades de saúde. O sistema disponibiliza ferramentas para interação como: zoom, medição, pesquisa de localidades, impressão, dentre outras. O sistema utiliza as seguintes tecnologias: HTML, CSS, Javascript e API ArcGIS Flex. A tecnologia API ArcGIS Flex, é uma tecnologia com desempenho inferior as APIS de mapas em Javascript. Essa tecnologia também impossibilita que o sistema seja utilizado de uma maneira responsável em dispositivos móveis [21].

A principal característica presente nos SIGs Web citados com o SIG Web Luziânia é a tomada de decisão mais ágil e precisa para os gestores que utilizam o sistema e o acesso as informações por parte da população. A grande diferença é a utilização da tecnologia API ArcGIS, usado no SIGGO. O uso de tecnologias mais recentes é essencial para o desempenho e

a responsividade em dispositivos móveis, como ocorre no SIGLON e no SIG Web Luziânia.

VIII. CONCLUSÕES

A cidade de Luziânia possui atualmente um grande volume de informações relacionadas aos serviços básicos da população, compostos pelos serviços de: educação, lazer, saúde e segurança. Todas as informações são organizadas em documentos físicos e planilhas eletrônicas, dificultando o acesso posterior e ocasionando possíveis inconsistências na armazenagem e na recuperação dessas informações. O sistema será fornecido para a Prefeitura da cidade que irá alimentar o sistema, não havendo a necessidade da coleta de dados como foi feita inicialmente, evitando que os dados se tornem obsoletos. O SIG Web Luziânia é extensível, cada camada presente no sistema é um serviço diferente. Caso seja mapeado outro serviço, como por exemplo de obras da cidade, basta criar uma nova camada para acessar as informações no sistema.

Em cumprimento dos objetivos deste trabalho, foi desenvolvido o SIG Web Luziânia com o objetivo de organizar, gerenciar e visualizar dados relacionados aos serviços de educação, lazer, saúde e segurança. Para dar suporte a este sistema foi implementado um banco de dados geográfico para armazenagem e georreferenciamento dos dados que possuem localização geográfica, o que facilita a tomada de decisão em relação as políticas públicas pelos gestores da cidade e permite que a população tenha acesso às informações de forma georreferenciada.

Como vantagens e benefícios para a cidade de Luziânia, o SIG Web Luziânia apresenta as seguintes perspectivas:

- Organiza as informações evitando inconsistência;
- Facilita o gerenciamento das informações pelos órgãos competentes;
- Transparência das informações para a população de Luziânia;
- Apresenta os dados de forma georreferenciada;
- Extensível para a criação de novas funcionalidades e serviços;
- Possibilita o acesso as informações em dispositivos móveis e *desktops* a partir do *browser*.

Como trabalhos futuros, pretende-se ter a inclusão de mais informação nos serviços já implementados, a criação de novos serviços como o mapeamento da criminalidade, mapeamento das obras da cidade, mapeamento social, entre outros;

disponibilização dos dados do sistema para *download* e publicação do sistema na Internet.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo gostariam de agradecer a todos que contribuíram com este trabalho, assim como o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás e a Universidade de Brasília.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] IBGE. <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=521250>. Acessado em: Fev. 2016.
- [2] QUEIROZ, G. R.; FERREIRA, K. R. Tutorial sobre bancos de dados geográficos. GeoBrasil, 2006.
- [3] FERNANDES, E. P.; FREITAS, H. P. Sistema de Informação Geográfico Web para a Análise de Fenômenos Sismológicos. Monografia (Graduação em Computação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- [4] FREITAS, H. P. Arquitetura de Coleta de Dados para Pesquisas de Campo em Ambientes Computacionais Heterogêneos. Dissertação (Mestrado em Informática) — Universidade de Brasília, Brasília, 2014.
- [5] SAATKAMP, H. D. Websibra – Sistema Nacional de Registros Sísmicos. Monografia (Graduação em Computação) — Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- [6] FUN, P.; SUN, J. Web GIS: Principles and Applications. [S.l.]: ESRI Press.
- [7] BORGES, K.; DAVIS, C.; LAENDER, A. Omt-g: An object-oriented data model for geographic applications. GeoInformatica, Março 2011.
- [8] COMITÊ DE PLANEJAMENTO DA INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS CINDE. Plano de Ação para Implantação da INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Rio de Janeiro, 2010.
- [9] C#. <http://msdn.microsoft.com/library/kx37x362.aspx/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [10] ASP.NET MVC. [http://msdn.microsoft.com/library/Dd381412\(v=VS.108\).aspx/](http://msdn.microsoft.com/library/Dd381412(v=VS.108).aspx/). Acessado em: Fev. 2016.
- [11] GitHub - ASP.NET MVC. <http://github.com/aspnet/Mvc/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [12] Leaflet. <http://leafletjs.org/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [13] Json. <http://json.org/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [14] GeoJson. <http://geoson.org/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [15] FIELDING, R. Representational State Transfer (REST). 2000.
- [16] RESTful. <http://www.restapitutorial.com/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [17] ASP.NET Web API. <http://www.asp.net/web-api/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [18] PostgreSQL. <http://www.postgresql.org/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [19] PostGIS. <http://www.postgis.net/>. Acessado em: Fev. 2016.
- [20] SIGLON. <http://siglon.londrina.pr.gov.br/>. Acessado em: Abril. 2016.
- [21] SIGGO. <http://goiania.go.gov.br/shtml/siggo>. Acessado em: Abril. 2016.

Sistema de Monitorização da Qualidade do Ar Interior

Health Informatics for Indoor Air Quality Monitoring

Gonçalo Marques^a, Rui Pitarma^b

UDI – Unidade de Investigação para o Desenvolvimento do Interior, Instituto Politécnico da Guarda
Guarda, Portugal

^agoncalosantosmarques@gmail.com, ^brpitarma@ipg.pt

Resumo— Os edifícios apresentam diversas fontes de poluentes. Além disso, a larga maioria das pessoas passa mais de 90% do seu tempo no interior de edifícios. Assim, a qualidade do ar interior é sem dúvida um fator fundamental a ser controlado para garantir a saúde e conforto dos ocupantes. A maioria dos sistemas de monitorização da qualidade do ar disponíveis no mercado são muito dispendiosos e permitem apenas recolher amostras aleatórias. Este trabalho descreve o sistema iAQ, um sistema de monitorização que recorre a uma rede de sensores, sem fios, de baixo custo, que permite recolher dados da qualidade do ar interior. Este sistema foi desenvolvido utilizando a plataforma Arduino, módulos XBee para comunicação sem fios e permite o armazenamento dos dados provenientes da monitorização ficando os mesmos disponíveis e acessíveis em tempo real. Estes dados podem ser consultados através de um portal web e de uma aplicação móvel para Android, sendo apenas necessária conexão à internet. São utilizados cinco sensores para aquisição de parâmetros ambientais (temperatura do ar, humidade, monóxido de carbono, dióxido de carbono e luminosidade). Outros sensores podem ser adicionados para monitorizar poluentes específicos. Os resultados revelam que a qualidade do ar interior pode, em alguns casos, ser muito diferente da que seria esperada e que o sistema proposto pode fornecer uma avaliação eficaz dos parâmetros ambientais de forma a evitar o risco de exposição a contaminantes.

Palavras chave: qualidade do ar interior, ambientes interiores, monitorização da qualidade do ar, ZigBee, Arduino, Sensores de Gás, Ambientes inteligentes, casas inteligente e smartphones

Abstract- Indoor environments are characterized by the existence of various pollutant sources. Moreover, at present, people spend more than 90% of their time inside buildings. Thus, the indoor air quality is undoubtedly a key factor to be controlled to ensure the health and comfort of the occupants. Most of the air quality monitoring systems on the market are very expensive and only allow to collect random samples. This paper describes iAQ, a monitoring system that uses a low cost wireless sensor network, to collect indoor air quality information. This system was developed using Arduino, XBee modules and micro sensors, for storage and availability of monitoring data in real-time. This data can be accessed through a Web portal and through a Android mobile application requiring only an internet connection. Five

sensors are used for the acquisition of environmental parameters (air temperature, humidity, carbon monoxide, carbon dioxide and luminosity). Other sensors can be added to monitor specific pollutants. The results show that the indoor air quality may be, in some cases, quite different than expected values. The proposed system can provide effective indoor air quality assessment in order to avoid the risk of exposure to pollutant sources.

Keywords: Indoor air quality, indoor environment, air quality monitoring, wireless sensor network, ZigBee, Arduino, gas sensors, smart cities.

I. INTRODUÇÃO

Os ambientes interiores são caracterizados por várias fontes poluentes. Assim, a qualidade do ar interior (QAI) é reconhecida como sendo um fator importante a ser controlado para garantir a saúde e conforto dos ocupantes. Esta questão é tanto mais importante se levarmos em consideração que hoje a larga maioria das pessoas passam mais de 90% do seu tempo em ambientes artificiais [1]. É, também, importante referir que os problemas de saúde e de doenças associadas à má qualidade do ar interior pode afetar negativamente a produtividade. De acordo com a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos [2], a exposição humana a poluentes do ar interior em edifícios pode ser de 2 a 5 vezes, ocasionalmente mais de 100 vezes, mais elevados do que os níveis de poluição exteriores. Isto deve-se ao facto de que o interior dos edifícios acumula e concentra poluentes emitidos pelos materiais de construção, mobiliário e também pelas atividades diárias dos ocupantes [3]. Na verdade, os poluentes do ar interior foram classificados entre os cinco principais riscos ambientais para a saúde pública.

A ventilação é utilizada em edifícios para criar ambientes termicamente confortáveis e com boa qualidade do ar, regulando os parâmetros do ar interior, tais como a temperatura do ar, a humidade relativa, a velocidade do ar e as concentrações de espécies químicas. Um estudo sobre a simulação computacional da dispersão de um poluente no interior de um quarto ventilado, com apresentação de diversas previsões numéricas da concentração do contaminante no compartimento, é proposto por [4].

É assim evidente que um sistema de avaliação de qualidade do ar interior ajuda na deteção e melhoria da qualidade do ar dos espaços monitorizados. Com efeito, a avaliação local e distribuída das concentrações de químicos é significativa para a segurança e proteção dos ocupantes (e.g. deteção de fugas de gás, controlo de poluição) contribuindo para controlar eficazmente os sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) de forma a aumentar a eficiência energética [5]. De facto, a medição da qualidade do ar interior em edifícios fornece um fluxo contínuo de informações para controlo contínuo, permitindo também a construção de sistemas de automação e fornecendo uma plataforma de apoio à decisão [6]. No entanto, os sistemas de monitorização atualmente disponíveis são dispendiosos e permitem apenas a recolha de amostras aleatórias.

Recentemente, diversos novos sistemas têm sido desenvolvidos para monitorizar parâmetros ambientais, sempre com o objetivo de melhorar a eficiência e a qualidade do ar em ambientes anteriores [7]. De facto, a disponibilidade de processadores de baixo custo, baixa potência, reduzidas dimensões, com tecnologias de comunicação sem fios, sensores e atuadores, muitas vezes integrados num único chip, permitem o uso das tecnologias da computação para interagir com o mundo físico em várias aplicações tal como o controlo da qualidade do ar [8]. Um sistema de monitorização da qualidade do ar interior com recurso a tecnologias de comunicação sem fios que fornece informações em tempo real para a assistência à vida é proposto por [9]. O sistema proposto possui sensores de dióxido de carbono, monóxido de carbono, propano e metano. Outro estudo que envolve redes de sensores sem fios para monitorização da qualidade do ar interior foi proposto por [10], este incorpora também tecnologia ZigBee para comunicação sem fios e monitoriza dados de humidade, temperatura e dióxido de carbono.

Este estudo descreve o sistema **iAQ**, desenvolvido pelos autores, que visa garantir, de forma autónoma e precisa, a monitorização, em simultâneo, da qualidade do ar interior em diferentes salas de um edifício. Consiste num sistema de monitorização da qualidade do ar utilizando tecnologias de comunicação sem fios, de baixo custo, desenvolvida utilizando Arduino, tecnologia XBee e que permite o armazenamento e disponibilidade de dados de monitorização em tempo real através de um portal Web e de aplicação móvel para dispositivos Android. A aplicação móvel foi criada tendo em consideração o papel fundamental que o *smartphone* desempenha na sociedade mundial, permitindo colocar este sistema em contacto permanente com o utilizador final. Na verdade, 56% dos adultos da população americana são agora portadores de *smartphones* [11]. Na Holanda, 70% da população geral e mais de 90% dos adolescentes possuem um *smartphone* [12]. Por outro lado, um estudo recente, proposto por [13], concluiu que o uso de *smartphones* é realizado, em média, 86 minutos por dia. Ora, estes argumentos salientam a importância dos dispositivos móveis na sociedade atual. Outro estudo, proposto por [14], observa que os diferentes padrões de uso podem ser aplicados a diferentes locais para cada utilizador, e os *smartphones* são usados consideravelmente, mesmo quando os utilizadores estão próximos de

computadores, o que contribui adicionalmente para a motivação da criação, neste estudo, de uma aplicação móvel.

O sistema recolhe cinco parâmetros ambientais (temperatura do ar, humidade, monóxido de carbono, dióxido de carbono e luminosidade) a partir de diferentes locais em simultâneo. Outros sensores podem ser adicionados para monitorizar poluentes específicos. Atualmente, nos testes laboratoriais preliminares, foram utilizados apenas dois módulos remotos.

II. SOLUÇÃO TÉCNICA

A. Implementação

O sistema **iAQ** é um sistema automático de monitorização da qualidade do ar interior que permite ao utilizador, em especial ao gestor do edifício, aceder em tempo real a uma vasta variedade de parâmetros ambientais tais como a temperatura do ar, humidade relativa, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e luminosidade. Outros sensores para poluentes específicos podem ser adicionados.

O sistema **iAQ** é constituído por uma rede de sensores em que o nó sensor denomina-se por **iAQ Sensor** e o nó central ou concentrador denomina-se por **iAQ Gateway**. Os parâmetros são monitorizados usando o **iAQ Sensor** que recolhe informação da qualidade do ar e a encaminha para o sistema **iAQ Gateway** que por sua vez a envia com recurso a *webservices* desenvolvidos em PHP para uma base de dados MySQL.

O utilizador pode aceder aos dados a partir do portal web denominado por **iAQ Web** desenvolvido em PHP. Através do **iAQ Web**, o utilizador pode consultar todas as informações sobre os parâmetros ambientais. Os dados de monitorização são mostrados como valores numéricos ou na forma de gráficos. O **iAQ Web** também permite ao utilizador manter o histórico destes parâmetros para análise posterior. Fornecendo um histórico da qualidade do ar, o sistema ajuda o utilizador a analisar, de forma precisa e detalhada, o comportamento da qualidade do ar em ambientes interiores. Na verdade, a funcionalidade referida anteriormente assume elevada importância na decisão sobre as possíveis intervenções a realizar no edifício com objetivo de melhorar a qualidade do ar. O **iAQ Web** é equipado com um poderoso gestor de alertas que permite informar o utilizador quando um parâmetro específico excede o valor máximo definido para o mesmo.

Com o objetivo de permitir um acesso rápido, simples, intuitivo e em tempo real foi também criada uma aplicação móvel para *smartphones* Android, denominada por **iAQ Mobile**, descrita em pormenor na secção C.

B. Arquitetura da rede de sensores

A comunicação sem fios é implementada utilizando o módulo XBee, que utiliza o protocolo de rede IEEE 802.15.4, e o protocolo de rádio ZigBee [15]. A norma IEEE 802.15.4 especifica as camadas de controlo de acesso para a comunicação sem fios em áreas privadas. ZigBee é uma tecnologia de comunicação sem fios, de baixo custo e de baixa potência, assente no padrão de rede mesh construída com base na norma 802.15.4 [16,17].

Os dados provenientes da monitorização realizada pelo **iAQ Sensor** são transferidos para o **iAQ Gateway**, utilizando a tecnologia de comunicação sem fios XBee. Os módulos XBee operam dentro da faixa de frequência de 2,4 GHz e possuem uma capacidade de alcance em campo aberto de até 4.000 pés (1.200 m) com taxas de transferência de dados RF de 250.000 bps. Estes módulos usam o protocolo de rede IEEE 802.15.4 para comunicação rápida em redes *point-to-multipoint* ou *peer-to-peer*. Os módulos XBee são desenhados para aplicações de alto rendimento que requerem baixa latência e tempo de comunicação previsível. São também ideais para aplicações onde é necessário um reduzido consumo de energia e baixo custo. Os módulos XBee-PRO são versões amplificadas dos módulos XBee para aplicações mais exigentes e com maior alcance [18].

C. iAQ Mobile – Aplicação móvel para dispositivos Android

Conforme foi já descrito, considerando a importância do papel do *smartphone* na sociedade mundial, foi criada uma aplicação móvel para dispositivos Android. Esta aplicação possui mecanismos de autenticação e de proteção de dados. Antes da visualização da informação, o utilizador tem de ser autenticado através do nome de utilizador e da palavra passe correspondente.

Após autenticação, o **iAQ Mobile** permite visualizar em detalhe os dados do sistema **iAQ** e receber notificações quando um determinado parâmetro ultrapasse os valores mínimo e máximo pré-definidos. O **iAQ Mobile** está esquematicamente ilustrado na figura 1. Esta aplicação foi projetada com o objetivo de fornecer um acesso rápido e fácil ao sistema **iAQ**, com o objetivo de permitir que o utilizador final possa manter consigo todas as informações relevantes do sistema **iAQ**.

Esta aplicação móvel foi desenvolvida para o sistema Android, usando o IDE Android Studio e possui os requisitos mínimos de desenvolvimento a API 15: Android 4.0.3 Ice Cream Sandwich, com o objetivo de ser compatível com 96,2% de dispositivos ativos na Google Play Store (informações recolhidas em 2016/01/22).

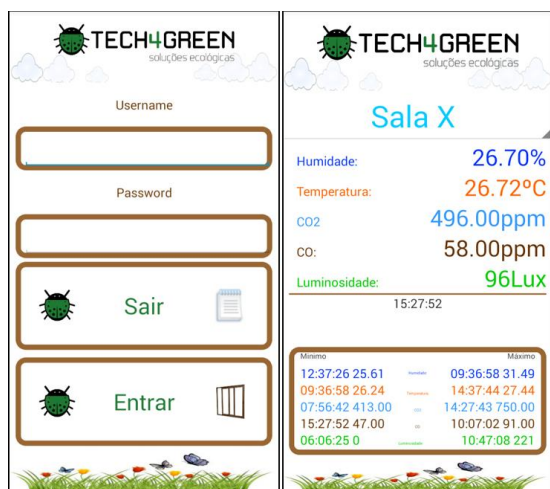


Figura 1- Aplicação Android iAQ Mobile

D. Hardware e arquitetura do sistema

O sistema **iAQ** é composto por um ou vários módulos **iAQ Sensor** usados para recolher e encaminhar os dados de monitorização da qualidade do ar nos diferentes ambientes onde estão instalados. O **iAQ Sensor** envia os dados para o **iAQ Gateway**, que se encontra conectado à Internet através de uma Shield Ethernet Arduino, de forma a permitir o armazenamento dos dados numa base de dados em tempo real. É, portanto, possível a construção de um sistema modular que pode controlar um ou mais espaços simultaneamente. A figura 2 ilustra esquematicamente a arquitetura do sistema utilizado no **iAQ**.

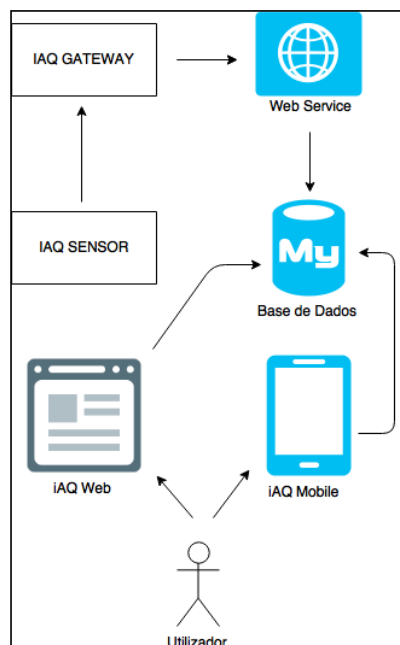


Figura 2 - Arquitetura sistema iAQ

O **iAQ Sensor** é construído usando o sistema embestado Arduino MEGA, uma plataforma de código aberto que incorpora um microcontrolador Atmel AVR [19,20]. Com o objetivo de permitir a comunicação entre os sensores **iAQ Sensor** e **iAQ Gateway** é utilizada a tecnologia ZigBee com recurso a módulos Xbee.

O **iAQ Sensor** está equipado com múltiplos sensores, uma unidade de processamento (Arduino MEGA) e uma unidade de comunicação sem fios que permite comunicação mesh tal como representado esquematicamente na figura 3 (ver também [21]).

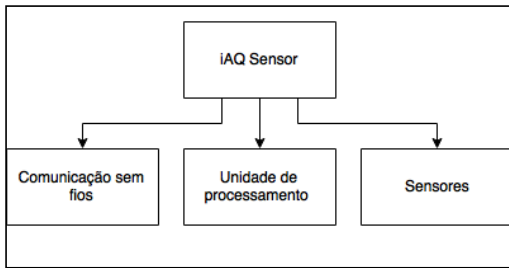


Figura 3 - iAQ Sensor

Atualmente, o **iAQ Sensor** é equipado com cinco sensores (Fig. 4): temperatura do ar, humidade relativa, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) e luminosidade.



Figura 4 - iAQ Sensor Hardware

Uma breve descrição dos sensores utilizados é apresentada seguidamente.

- SHT10 - é um sensor de temperatura e humidade relativa, de baixa potência, estável e totalmente calibrado [22]; Faixa de medição: 0-100% (humidade), -40°C ~ 120°C (temperatura), precisão: ± 4,5% (humidade), ± 0,5 °C (temperatura) e o tempo de resposta é <30 seg.
- Sensor MQ7 - é um sensor de alta sensibilidade de CO (monóxido de carbono) com vários recursos [23]: alta sensibilidade, resposta rápida, largo alcance de deteção (20 a 2000 ppm), desempenho estável, vida útil longa e requer calibração manual.
- T6615 CO₂ Sensor - é um sensor de CO₂ (dióxido de carbono) de baixa potência, com um bom desempenho, concebido para fins de AVAC. Possui as seguintes especificações principais [24] - Faixa de medição: 0-5,000ppm, precisão: ± 50 ppm ± 3% da leitura, tempo de resposta: 2 minutos e possui calibração automática (a cada 24h).
- LDR 5 mm - é um sensor que permite detetar luminosidade. É, basicamente, uma resistência que altera o seu valor (em ohms) dependendo da quantidade de luz existente [25]. É um sensor de baixo custo, contudo é pouco preciso pelo

que não deve ser usado para tentar determinar os níveis de luminosidade em valores absolutos (lux), uma vez que não possui precisão suficiente para tal. Assim, é utilizado para determinar mudanças de luminosidade básicas. Gama de resistência: 200K ohm (escuro) até 10K ohm (brilho - 10 lux) de sensibilidade. Gama de sensibilidade: as células CdS respondem à luz entre comprimentos de onda de 400 nm (violeta) e 600 nm (laranja), atingindo um máximo nos cerca de 520 nm (verde).

III. SOFTWARE

O *firmware* do **iAQ Sensor** e **iAQ Gateway** foi implementado usando a linguagem da plataforma Arduino no IDE Arduino, linguagem pertencente à família de programação C.

O **iAQ Web** foi desenvolvido em base de dados MySQL e PHP. Os *webservices* que permitem a recolha de dados também são construídos em PHP [26].

O **iAQ Mobile** foi desenvolvida para o sistema Android usando o IDE Android Studio com recurso à linguagem JAVA.

IV. DISCUSSÃO E RESULTADOS

O **iAQ Web** permite a visualização dos dados da qualidade do ar sob forma de valores numéricos ou na forma de gráficos. Uma amostra de dados experimentais para um ambiente selecionado é representada nas figuras 5 a 7. Como exemplos, foram escolhidos os gráficos de humidade relativa (Fig. 5), temperatura do ar (Fig. 6) e CO₂ (Fig. 7).

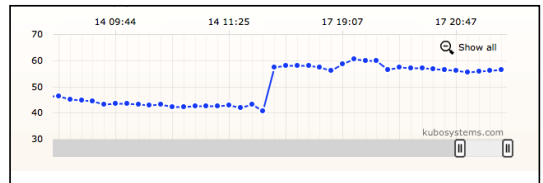


Figura 5 - Gráfico de Humidade Relativa (%)

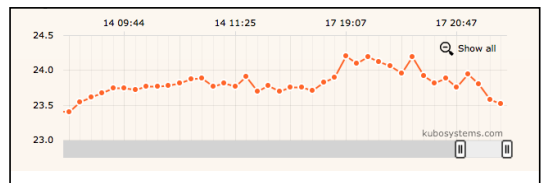


Figura 6 – Gráfico de temperatura (°C)

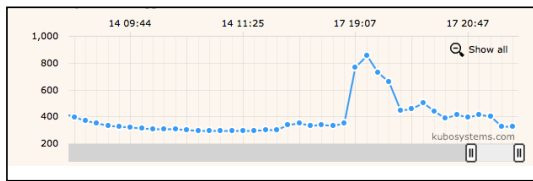


Figura 7 – Gráfico de concentração (ppm) de dióxido de carbono (CO₂)

A visualização dos fatores ambientais através de gráficos permite uma maior percepção do comportamento do parâmetro monitorizado do que a visualização de tabelas numéricas [27]. Por outro lado, o portal web, permite também ao utilizador visualizar o histórico de dados, de forma a proporcionar uma análise mais precisa da evolução temporal e detalhada dos parâmetros de qualidade do ar. Assim, o sistema é uma ferramenta poderosa para a deteção de problemas e tomada de decisão sobre as possíveis intervenções a tomar para melhorar a qualidade do ar no edifício.

O sistema **iAQ** encontra-se ainda em fase de testes. Nesta fase, o objetivo principal é fazer melhorias técnicas, incluindo a sua adequada calibração. Entre outras vantagens, o sistema **iAQ** destaca-se por ser modular, de dimensões reduzidas, de baixo custo de construção, facilidade de instalação e acesso aos dados através de aplicação móvel. Estão previstas melhorias para o hardware e software do sistema com o objetivo de torná-lo mais adequado a determinados fins específicos, tais como a aplicação em hospitais, edifícios comerciais e fábricas.

V. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo apresentar um sistema eficaz de monitorização da qualidade do ar interior que tem por objetivo evitar o risco de exposição a contaminantes.

O sistema foi desenvolvido usando sensores de gás de baixo custo e tecnologia de código aberto tal como a plataforma de desenvolvimento do microcontrolador Arduino. Cinco sensores de parâmetros ambientais foram utilizados em cada módulo **iAQ Sensor**, mas outros sensores podem ser adicionados conforme a necessidade.

O sistema **iAQ** foi testado através da monitorização de duas salas de aula. Os resultados obtidos são muito promissores, o que representa uma contribuição significativa para estudos de qualidade de ambientes interiores. No entanto, o sistema necessita de validação experimental adicional em ambientes reais, em particular, com a montagem de mais do que dois módulos remotos conforme foi utilizado nos testes de laboratório, com o objetivo de verificar e calibrar o sistema de forma a aumentar a sua precisão.

Além deste estudo de validação do sistema, do portal web e da aplicação móvel, estão planeadas melhorias físicas com vista a adaptar o sistema a áreas e/ou problemas específicos, tais como hospitais, edifícios comerciais e fábricas.

Comparado com os sistemas existentes, o **iAQ** assume interesse acrescido devido ao uso de tecnologias de baixo custo e de código aberto. Note-se que o sistema tem vantagens em

termos de facilidade de instalação e configuração, devido à utilização de tecnologia sem fios para a comunicação entre o **iAQ Sensor** e o **iAQ Gateway**, mas também devido às suas dimensões reduzidas (20x10 cm²) quando comparado com outros sistemas. Contudo, está previsto miniaturizar ainda mais os módulos através do recurso a componentes de menor dimensão e a métodos mais eficazes de dissipação de calor. O **iAQ** também possui uma aplicação móvel para utilizadores Android, de forma a permitir a visualização de dados relevantes com grande versatilidade.

O sistema é extremamente útil na monitorização das condições de qualidade do ar no interior dos edifícios, garantindo a caracterização permanente da qualidade do ar interior, bem como a percepção do comportamento dos parâmetros ambientais. Assim, o sistema pode ser usado para ajudar o gestor do edifício a realizar de forma mais eficiente e ponderada a gestão e manutenção do edifício, proporcionando espaços de trabalho seguros e saudáveis, mas também ambientes confortáveis e produtivos.

REFERÊNCIAS

- [1] Spengler JD, Sexton K.: Indoor air pollution: a public health perspective. *Science*. 221, 9--17 (1983)
- [2] USEPA - United States Environmental Protection Agency: Questions About Your Community: Indoor Air, <http://www.epa.gov/region1/communities/indoorair.html>
- [3] Mukhopadhyay, K., Ramasamy, R., Mukhopadhyay, B., Ghosh, S., Sambandam, S., Balakrishnan, K.: Use of Ventilation-Index in the Development of Exposure Model for Indoor Air Pollution—A Review. *Open Journal of Air Pollution*. 3, 33–41 (2014)
- [4] Pitarna, R., Lourenço, M., Ramos, J.: “Improving occupational health by modelling indoor pollutant distribution”. *Facilities* (in press)
- [5] De Vito, S., Fattoruso, G., Liguoro, R., Oliviero, A., Massera, E., Sansone, C., Casola, V. Di Francia, G.: Cooperative 3D Air Quality Assessment With Wireless Chemical Sensing Networks. *Procedia Engineering*. 25, pp. 84–87 (2011)
- [6] Preethichandra, D.: Design of a smart indoor air quality monitoring wireless sensor network for assisted living. In: conference record – IEEE Instrumentation and Measurements Technology conference (2013)
- [7] Yu, T., Lin, C.: An intelligent wireless sensing and control system to improve indoor air quality: monitoring, prediction, and preaction. *International Journal of Distributed Sensor Networks* (2015)
- [8] Al-Hajja, Q., Al-Qadeeb, H., Al-Lwaimi, A.: Case Study: Monitoring of AIR quality in King Faisal University using a microcontroller and WSN. *Procedia Computer Science*. 21, pp. 517–521 (2013)
- [9] Preethichandra, D.: Design of a Smart Indoor Air Quality Monitoring Wireless Sensor network for Assisted Living. In: IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC2013), pp. 1306–1310. IEEE press, NY (2013)
- [10] Yu, T., Lin, C., Chen, C., Lee, W., Tseng, C., Liu, S., Lee, R.: Wireless sensor networks for indoor air quality monitoring. *Medical Engineering & Physics*. 35, pp. 231–235 (2013)
- [11] Smith, A. (2013). Smartphone ownership–2013 update. Pew Research Center: Washington DC, 12.
- [12] Rahmati, A., & Zhong, L. (2013). Studying smartphone usage: Lessons from a four-month field study. *Mobile Computing, IEEE Transactions on*, 12(7), 1417-1427.
- [13] Alexander J.A.M. van Deursen, Colin L. Bolle, Sabrina M. Hegner, Piet A.M. Kommers, Modeling habitual and addictive smartphone behavior: The role of smartphone usage types, emotional intelligence, social stress, self-regulation, age, and gender. *Computers in Human Behavior*, Volume 45, April 2015, Pages 411-420, ISSN 0747-5632, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.039>.
- [14] Hintze, D., Findling, R. D., Scholz, S., & Mayrhofer, R. (2014, December). Mobile device usage characteristics: The effect of context

- and form factor on locked and unlocked usage. In Proceedings of the 12th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (pp. 105-114). ACM.
- [15] IEEE 802.15 WPAN Task Group4 (TG4), <http://www.ieee802.org/15/pub/TG4.html>
- [16] ZigBee Alliance, <http://www.zigbee.org/>
- [17] Digi International Inc., <http://www.digi.com/>
- [18] Embedded System for Automatic Irrigation of Cardamom Field using Xbee-PRO Technology
- [19] Michael, M.: Arduino Cookbook. O ReILLY, USA (2012)
- [20] Arduino Website, <http://www.arduino.cc>
- [21] Abraham, S., Li, X.: A Cost-Effective Wireless Sensor Network System for Indoor Air Quality Monitoring Applications. *Procedia Computer Science*. 34, pp. 165--171 (2014)
- [22] Datasheet SHT10, http://www.sensirion.com/fileadmin/user_upload/customers/sensirion/Dokumente/Humidity/Sensirion_Humidity_SHT1x_Datasheet_V5.pdf
- [23] MQ7 Datasheet, <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>
- [24] Telaire T6615 Datasheet, <http://www.ge-mcs.com/download/co2-flow/920-474C-LR.pdf>
- [25] LDR 5mm Datasheet, https://www.robocore.net/upload/attachments/sensor_ldr_gl5528_145.pdf
- [26] Deployment of Wireless Sensor Networks for Air Quality Monitoring, Wang, M., Wang, Y., Li, Q.: *Deployment of Wireless Sensor Networks for Air Quality Monitoring*, *Advanced Materials Research*, 712-715, pp. 1851—1855 (2013)
- [27] Liao, Z., Peng, Y., Li, Y., Liang, X., Zhao, Y.: A Web-based visual analytics system for air quality monitoring data. In: *22nd International Conference on Geoinformatics (GeoInformatics)*, pp. 1—6, IEE Press, NY (2014)

Método de diseño de instrumentos pedagógicos para ingeniería de software

Method of Pedagogic Instruments Design for Software Engineering

María Clara Gómez-Álvarez, Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Bell Manrique-Losada, Dennis M. Arias

Facultad de Ingenierías, Maestría en Ingeniería de Software

Universidad de Medellín, UDEM

Medellín, Colombia

{mcgomez, gpgasca, bmanrique, estproypsptsp}@udem.edu.co

Resumen — La calidad de software es un aspecto crítico en el proceso de desarrollo de productos en diferentes sectores económicos (industria, servicios, agropecuario, etc.). CMMI, ISO, *Personal Software Process* (PSP) y *Team Software Process* (TSP) son ejemplos de enfoques diseñados para mejorar la calidad del software. La enseñanza de estos enfoques es un desafío debido a la cantidad de conceptos, prácticas y estadísticas necesarias para su adopción, lo cual genera problemas relacionados con la baja motivación y rendimiento de los estudiantes o profesionales en formación. En la literatura se muestran diversas aproximaciones para solucionar dichos problemas, algunas de ellas con la incorporación de estrategias de enseñanza centradas en el aprendizaje activo del estudiante, tales como: el método de casos, la simulación y la gamificación. En este trabajo se propone un método para facilitar el diseño de estrategias de enseñanza a partir de principios de gamificación, buscando incrementar la motivación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje. Como una forma de evaluar el método propuesto, se presenta como caso de estudio un piloto para enseñar temas relacionados con el *diseño de software* en el contexto de PSP.

Palabras Clave - educación en ingeniería de software, gamificación, PSP.

Abstract— Software quality is a critical aspect in the development process of products for several economic sectors (*i.e.* industry, services, agricultural, etc.). CMMI, ISO standards, *Personal Software Process* (PSP), and *Team Software Process* (TSP) are examples of approaches for improving software quality. Teaching such approaches is a challenge because of the amount of concepts, practices, and statistics required for their adoption, generating problems related with low motivation and poor performance in students or professionals in training. In the literature several approaches for solving these problems are presented, some of them incorporating active learning strategies like case method, simulation, and gamification. In this paper we propose a method for facilitating the design of teaching strategies based on gamification principles, looking for increasing the student motivation in their learning process. As a way to evaluate the proposed method, a pilot study case for teaching subjects related to software design in the context of PSP is presented.

Keywords - software engineering education; gamification, PSP.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos primordiales de la Ingeniería de Software es desarrollar productos de alta calidad. Para lograr esta meta, los ingenieros deben emplear métodos y herramientas que les permitan mejorar su rendimiento y la calidad del proceso de desarrollo de software durante las diferentes etapas [1]. A pesar de aplicarse estos métodos y herramientas, aún persisten cifras de fracaso como los que se encuentran en el reporte CHAOS 2014 [2]: sólo el 9% de proyectos en grandes empresas tuvieron éxito, el 16,2% en medianas y tan sólo el 28% en pequeñas. Debido a esta situación, empresas de desarrollo de software y centros de formación en el área de informática han identificado la importancia de implementar nuevas metodologías de enseñanza [3]. Con la adopción de dichas propuestas se busca mejorar los niveles de calidad y rendimiento del desarrollo de software a nivel personal y de equipos de trabajo [4].

Marcos de trabajo como PSP están siendo utilizados para mejorar el rendimiento de los ingenieros de desarrollo, ayudarlos a organizar y planificar su trabajo, realizar el seguimiento de su rendimiento, gestionar los defectos que se inyectan durante el desarrollo de software, analizar y mejorar el proceso de desarrollo a nivel personal [5]. Tanto a nivel académico como de cualificación de profesionales de la industria del software, se reflexiona acerca de las competencias requeridas, razón por la cual se han propuesto nuevas formas de enseñanza y aprendizaje que apoyan el desarrollo de habilidades de gestión, mejora continua y alto rendimiento, como las descritas en PSP. Dichas competencias deben estar alineadas con las necesidades y requerimientos de la industria del software frente a la formación de los profesionales. Por lo tanto, es necesario crear nuevas estrategias de enseñanza como apoyo a la labor de los formadores, de manera que las experiencias de aprendizaje de los estudiantes estén altamente influenciadas por las prácticas, técnicas y marcos de trabajo que exige el desarrollo de software de calidad a escala industrial [6].

Esta situación es la principal motivación de este trabajo, en el que se propone un método de creación de instrumentos pedagógicos. Para este trabajo un instrumento pedagógico comprende la estrategia pedagógica, la técnica y el material didáctico necesario para enseñar una temática particular. El objetivo del método propuesto es facilitar la labor del formador desde el punto de vista pedagógico. En este sentido, el método propuesto se basa en la gamificación como estrategia para proponer escenarios de juego en el aula, con el objetivo de estimular la interacción directa del participante (estudiante o profesional en formación).

El método propuesto facilita al formador el diseño de instrumentos pedagógicos a partir de una ruta secuencial que puede seguir para dinamizar el proceso de enseñanza. Para la validación del método propuesto se planteó un instrumento pedagógico piloto para la enseñanza de diseño de software. Este instrumento pedagógico se estructura como una actividad lúdica que incluye momentos de acción pre-reflexiva y de simbolización o apropiación abstracta-lógica de lo vivido, para el logro de objetivos de aprendizaje [7]. El propósito general es la apropiación de conceptos por parte del participante, fomentando el desarrollo de la creatividad; y los propósitos específicos se orientan hacia fortalecer el trabajo en equipo y la cooperación [8].

Este artículo está estructurado de siguiente forma: en la sección II se presentan los trabajos relacionados que se seleccionaron utilizando la técnica de revisión sistemática. En la sección III se presenta el método para el diseño de instrumentos pedagógicos propuesto, que se diseña a partir de los principios de gamificación. En la sección IV se muestra el caso de estudio que se llevó a cabo para validar de manera preliminar la propuesta presentada. En la sección V se presentan las conclusiones del trabajo.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Para definir los antecedentes y estado del arte de las disciplinas relacionadas, se utilizó la revisión sistemática como método de investigación retrospectivo que sintetiza los resultados de investigaciones primarias [9]. Particularmente, se siguió el protocolo de revisión sistemática en ingeniería de software [10].

A. Protocolo de revisión

El protocolo de revisión consta de los siguientes pasos [10]:

1) *Formular la pregunta de investigación y generar las palabras clave:* se pretende resolver la pregunta de investigación y se identifican las palabras relevantes con el tema a investigar.

2) *Seleccionar las fuentes de búsqueda:* seleccionar los motores de búsqueda sobre los que se correrán las cadenas definidas.

3) *Seleccionar los estudios primarios:* identificar los estudios primarios que cumplan con criterios de inclusión y exclusión definidos.

4) *Extraer la información:* realizar la extracción de información relevante para la pregunta de investigación

propuesta a partir de los estudios primarios identificados y documentar los hallazgos.

5) *Resumir los resultados obtenidos:* realizar un análisis estadístico descriptivo a partir de los resultados obtenidos.

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron siguiendo el protocolo de revisión aplicado.

B. Resultados de la revisión sistemática para 'Diseño de Software'

La pregunta de investigación generada a partir del protocolo es "de qué manera se puedan mejorar los niveles de calidad y productividad de los equipos de trabajo de desarrollo de software, a partir de la formación de estudiantes y profesionales". Este enfoque de la pregunta se centra en el análisis de propuestas que establezcan nuevas formas de enseñar *mejora de procesos* y específicamente propuestas desarrolladas a partir del *marco de trabajo PSP*.

Teniendo como punto de partida la pregunta de investigación, se establecieron las siguientes cadenas de búsqueda en español e inglés: i) "*Personal Software Process*" OR *PSP AND (Aprendizaje OR enseñanza OR diseño de software OR Productividad)*; ii) "*Personal Software Process*" OR *PSP AND (Learning OR Teaching OR software design OR productivity)*.

A partir de estas cadenas se revisaron los estudios primarios en fuentes de búsqueda, como se presenta en la Tabla I: Google Academy (GA), EBSCOhost (EB), ACM Digital Library (ACM), IEEE y Scopus (SP).

Sobre los estudios encontrados se realizó un análisis a partir de criterios de selección, el cual incluye la identificación de palabras clave repetidas en partes del documento como el título, resumen, palabras claves y conclusiones. La relevancia de los estudios en el tema de investigación se basó en el periodo de tiempo en el que fue publicado cada estudio, con el fin de identificar las propuestas más recientes. A continuación se presentan los criterios de inclusión (niveles 1 y 2) y exclusión (nivel 3):

- Nivel 1: incluir estudios que describan o identifiquen temas relacionados con la enseñanza y aprendizaje de PSP.
- Nivel 2: incluir estudios donde se identifiquen temas de PSP en diseño de software y resultados de productividad.
- Nivel 3: excluir estudios donde se identifiquen temas de PSP, pero donde no se evidencie su aplicación en un proceso de enseñanza-aprendizaje.

Del proceso de análisis de los estudios bajo los parámetros descritos en los criterios de selección se obtuvo un total de 665 estudios. De ese total, 318 estudios se catalogan como "no repetidos". Luego de analizar los estudios no repetidos utilizando como criterio el año de publicación (a partir del 2010), se seleccionaron 33 estudios primarios.

De los estudios primarios se encontraron resultados importantes que hacen referencia a:

- Dificultades como la complejidad para la adecuada implementación de PSP y los niveles de resistencia al cambio cuando se propone la adopción de PSP. A

partir de dichas dificultades se percibe una necesidad de diseñar nuevo material didáctico para la enseñanza de PSP. Este material debería articular estrategias de facilitación y motivación hacia el aprendizaje de temas de mejora de procesos de software en los estudiantes y profesionales en formación [11], [12], [13].

- Estrategias de formación de profesionales en el área de las ciencias de la computación, que evidencian la responsabilidad y el compromiso de la academia por formar profesionales con competencias alineadas a las necesidades de la industria. Se recomienda incorporar la estructura de PSP en los currículos académicos universitarios como una disciplina necesaria para la adquisición de buenas prácticas de desarrollo de software [14], [15], [16], [17], [18].
- Necesidades relacionadas con la formación de profesionales competentes en temas como: a) buenas prácticas para el desarrollo de software, b) estándares de mejora de procesos, c) implementación de prácticas y herramientas que faciliten y mejoren la productividad de un equipo de trabajo de alto rendimiento para el desarrollo de software de calidad [19], [20].
- La gamificación como estrategia con los elementos necesarios para generar impacto positivo en los estudiantes, al ser incorporada en actividades de educación en ingeniería de software. En este estudio se evidencia la motivación de los estudiantes con las actividades propuestas [21].

En los resultados de la revisión sistemática se evidencia la necesidad de contar con nuevos mecanismos o instrumentos para dinamizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en mejora de procesos. El objetivo del presente artículo es definir un método para el diseño de instrumentos pedagógicos que se conviertan en guía para los formadores, facilitando la creación de diferentes actividades para enseñar de manera creativa, novedosa y motivadora. El método involucra la gamificación como estrategia principal para dinamizar el trabajo en el aula y obtener propuestas atractivas para los participantes. En el siguiente apartado se presenta el método para diseño de instrumentos pedagógicos para ingeniería de software.

III. MÉTODO PARA EL DISEÑO DE INSTRUMENTOS PEDAGÓGICOS

El método busca orientar la creación de instrumentos pedagógicos basado en: a) la experiencia como recurso inmediato y principal del ser y b) la gamificación en un ambiente educativo, como una estrategia para dinamizar el trabajo en el aula y aumentar la motivación de los participantes.

El método se diseña como un camino secuencial que le permite al formador obtener un instrumento pedagógico, guía para la enseñanza de un tema específico. A continuación, se presentan los componentes del método:

1) *Componentes del método*: son aquellos elementos del método compuestos por una serie de pasos a seguir para conseguir un objetivo concreto. Dichos componentes son: A)

Preparación, B) Diseño, C) Pilotaje, D) Programación y E) Evaluación.

2) *Pasos de cada componente*: cada componente contiene una secuencia de pasos a seguir para obtener un instrumento pedagógico diseñado bajo la estrategia de gamificación.

3) *Participantes*: grupos de estudiantes o profesionales en formación. Participantes activos de su proceso de aprendizaje y del proceso de enseñanza que facilita el formador.

4) *Formador o facilitador*: docentes, capacitadores o facilitadores de una actividad dirigida bajo los parámetros descritos en un instrumento pedagógico.

5) *Instrumento pedagógico*: documento o secuencia que se define por medio del método propuesto en este trabajo, como resultado de los pasos de cada componente.

En la Fig. 1 se muestra un diagrama con los elementos descritos anteriormente que conforman el método propuesto.

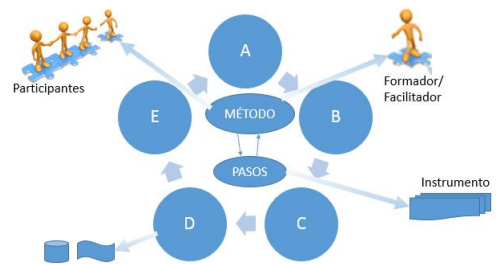


Figura 1. Elementos que componen el método propuesto

Los elementos descritos hacen parte de la estructura del método propuesto, el cual se ha diseñado teniendo en cuenta los siguientes principios pedagógicos:

1) *Planificación*: como un principio que permite la identificación de la población objetivo, es decir el perfil de los estudiantes o profesionales en formación al cual está orientado el instrumento. También se pretende analizar la temática seleccionada, los propósitos de formación y las competencias que se van a desarrollar [22], [23].

2) *Gamificación de un entorno*: adopción de principios o factores psicológicos como base para la aplicación de la estrategia en cualquier dominio: atributos clave como elementos, dinámica y mecánica [24].

3) *Experimentación*: que se integra como un principio de evaluación, haciendo énfasis en que las estrategias de aprendizaje conllevan estrategias de evaluación de las competencias, definidas para cualquier proceso enseñanza-aprendizaje [25].

A continuación se presenta la descripción de cada uno de los componentes del método y se detallan los pasos a seguir:

1) *Componente A- Preparación*. El objetivo de este componente es definir las metas a lograr con el instrumento, a partir del análisis de los siguientes aspectos: i) conocimientos a desarrollar por el estudiante, ii) campo de aplicación de los

conocimientos, iii) perfil de la población (estudiantes o profesionales en formación), y iv) intereses particulares y edad de la población. Los pasos a seguir en este componente se presentan en la Fig. 2:

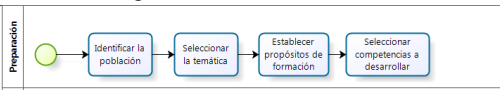


Figura 2. Pasos del Componente A: Preparación

2) *Componente B– Diseño del instrumento gamificado*. El objetivo de este componente es seleccionar los elementos y definir los componentes de gamificación que se van a adoptar para el instrumento. Algunos de estos elementos pueden ser: recompensa, estatus, logros, competición y altruismo. Además, aquí se define la mecánica del instrumento, es decir, las reglas y procesos que estimulan el desarrollo del juego. Los pasos a seguir en este componente se muestran en la Fig. 3:

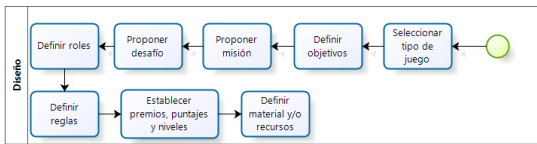


Figura 3. Pasos del Componente B: Diseño

3) *Componente C– Pilotaje*. El objetivo de este componente es la prueba del instrumento a un público diferente al público objetivo, como amigos, familiares y compañeros. Esta prueba se realiza con el fin de ajustar la mecánica del juego (reglas, materiales o tiempos establecidos para cada actividad). Los pasos que comprenden este componente se muestran en la Fig. 4:

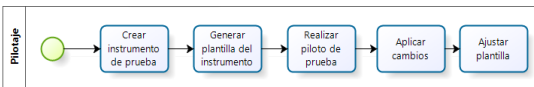


Figura 4. Pasos del Componente C: Pilotaje

4) *Componente D– Programación del instrumento final*. El objetivo de este componente es prever los espacios, recursos y materiales necesarios para la aplicación del instrumento final. Los pasos que comprenden este componente se muestran en la Fig. 5:



Figura 5. Pasos del Componente D: Programación

5) *Componente E– Evaluación del instrumento*. El objetivo de este componente es la identificación de la percepción de los participantes sobre el instrumento pedagógico y el desempeño del facilitador, utilizando la propuesta de evaluación presentada en [26]. Esta propuesta está basada en la taxonomía de dominios de aprendizaje de

Bloom y se estructura por medio de tres componentes: a) competencias de los participantes; b) instrumentos y técnicas didácticas; y c) niveles de satisfacción de los estudiantes respecto al proceso de enseñanza. Esta valoración se realiza utilizando la encuesta como instrumento de apoyo para la evaluación. En la Fig. 6 se presentan los pasos de este componente:

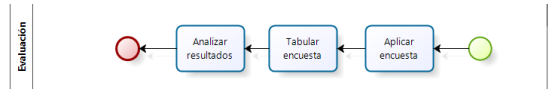


Figura 6. Pasos del Componente E: Evaluación

IV. CASO DE ESTUDIO

Siguiendo el método propuesto se creó un instrumento pedagógico para la enseñanza de diseño de software en el marco de PSP denominado: CAR DESIGN PSP. Los propósitos de formación de este instrumento son:

- Identificar los errores del software causado por la calidad del diseño de software en etapas tempranas.
- Hacer énfasis en la importancia del diseño de software en el proceso de ingeniería de software.
- Motivar la implementación de buenas prácticas descritas en el marco de trabajo PSP para el área de competencia de diseño de software.

Las competencias a desarrollar con el instrumento son:

- Comprender la importancia de la utilización de PSP en el diseño de software.
- Mejorar la forma de diseñar software implementando buenas prácticas de PSP.
- Aplicar buenas prácticas de diseño de software enfocado en PSP.

El instrumento comprende los siguientes aspectos generales:

- Los participantes deben conformar equipos de 5 personas donde un participante asumirá el rol de inspector automotriz y los otros cuatro serán expertos del sector automotriz.
- Se tienen cuatro cuadrantes que corresponden a categorías para generar listas de chequeo para el diseño de un vehículo: diseño, especificaciones técnicas, seguridad, tecnología y confort.
- El inspector le indica al equipo cuándo empezar a diligenciar el cuadrante (repartidos por expertos) identificando ítems y asignándoles una prioridad, lo que equivale a generar listas de chequeo.
- El mismo inspector es el que valora el desempeño de los expertos de su equipo, y si le parece satisfactorio les entrega fichas de rompecabezas para armar un carro.

- El equipo ganador es aquel que logra hacer las especificaciones más detalladas de cada categoría y armar el rompecabezas en el menor tiempo posible.

A. Resultados del caso de estudio

El instrumento se aplicó a 20 personas (entre profesionales de una compañía de software de la ciudad de Medellín-Colombia) y estudiantes de Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Medellín durante el segundo semestre de 2015. En la Tabla I se encuentra la ficha técnica de la encuesta.

TABLA I. FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA

Ambito	Medellín (Colombia)
Población	20
Tamaño Muestral	20 respuestas válidas
Fecha de la encuesta	Diciembre de 2015

El instrumento de encuesta se estructuró basado en tres componentes: a) competencias de los participantes; b) instrumentos y técnicas didácticas; y, c) niveles de satisfacción de los estudiantes según la propuesta de evaluación descrita en el Componente E del método [25]. Esta evaluación contiene una encuesta de 20 variables. Los resultados más representativos de esta encuesta se presentan a continuación.

Según los resultados las valoraciones positivas se relacionan con las características de la técnica didáctica utilizada (instrumento gamificado); en la mayoría de los casos el porcentaje más alto corresponde a apreciaciones *buenas* y *muy buenas* sobre la característica evaluada.

TABLA II. FRECUENCIA DE TÉCNICAS DIDÁCTICAS

Técnicas didácticas (Características)	Frecuencia (%)				
	MP	P	A	B	MB
Presentación de instrucciones	0	0	10	10	90
Tiempo para el desarrollo de la actividad	0	0	5	30	65
Claridad de las instrucciones	0	0	0	20	80
Calidad del material didáctico	0	0	0	0	100

Valoración: Muy Pobre (MP), Pobre (P), Aceptable (A), Bueno (B), Muy Bueno (MB)

En la Tabla III se presentan las valoraciones del nivel de satisfacción del estudiante durante el desarrollo de la actividad. En este caso, características como el nivel de diversión y la estimulación del pensamiento creativo están por encima del 85% con valoraciones como (MB) y (E); mientras que el nivel de realismo está por debajo del 60% con valoraciones como (B) y (MB).

TABLA III. FRECUENCIA DE NIVEL DE SATISFACCIÓN

Nivel de satisfacción de los estudiantes con la actividad (Características)	Frecuencia (%)				
	D	A	B	MB	E
Diversión.	0	0	0	15	85
Realismo (cerca a la realidad).	0	0	0	40	60
Estímulo al pensamiento	0	0	0	25	75

Valoración: Deficiente (D), Aceptable (A), Bueno (B), Muy Bueno (MB), Excelente (E)

Por último, como instrumento de medición de las competencias de los estudiantes se valoraron variables como las que se muestran en la Tabla IV. Sobre los conceptos aprendidos, PSP obtiene una evaluación del 50%, siendo este uno de los ejes temáticos del instrumento. Sin embargo, los estudiantes identifican en menor medida (10%) la importancia

del diseño de software y las prácticas disciplinadas para el desarrollo de software.

Otro aspecto a resaltar es que a través de la aplicación de este instrumento pedagógico gamificado, el 100% de los participantes plantean estar dispuestos a aplicar PSP en alguna de las áreas de ingeniería de software en las que se desempeñan. Este indicador es relevante, puesto que según la revisión sistemática de literatura uno de los problemas con la enseñanza de PSP es la falta de implementación real en las compañías, por asociarlo con actividades de alta dificultad.

TABLA IV. FRECUENCIA DE VALORACIÓN DE COMPETENCIAS

Competencia del Participante	Frecuencia (%)
¿Cuáles son los principales conceptos aprendidos durante la actividad?	<ul style="list-style-type: none"> • Concepto e importancia de PSP 50 • Listas detalladas 20 • Priorización de listas 10 • Importancia del diseño de SW 10 • Prácticas disciplinadas 10
¿Con esta actividad usted comprendió el concepto de PSP en el área de diseño de Software?	<ul style="list-style-type: none"> • Si 100 • No 0
¿Cuál es la actividad más importante que el ingeniero de sistemas debe hacer en el diseño de software basados en PSP?	<ul style="list-style-type: none"> • Lista detalladas y priorizadas 65 • Adquisición de habilidades. 15 • Importancia del diseño. 10 • Generación de listas. 5 • Planeación de actividades de diseño. 5
¿Aplicaría el concepto de PSP en el área de ingeniería de software en la que se desempeña actualmente?	<ul style="list-style-type: none"> • Si 100 • No 0

V. CONCLUSIONES

A partir de este trabajo se evidencian dificultades para la enseñanza de temas relacionados con la mejora de procesos de software. En particular, frente al enfoque PSP se presentan bajos niveles de motivación debido a la gran cantidad de conceptos técnicos y estadísticos requeridos para su aplicación. Por esta razón, es importante la incorporación de nuevas estrategias activas de enseñanza que conjuguen motivación con un aprendizaje significativo en un entorno lúdico.

En este trabajo se presenta una propuesta de método para el diseño de instrumentos pedagógicos basada en el trabajo experiencial como motor de aprendizaje y en gamificación como elemento motivador transversal. Este método incluye cinco componentes que cubren todo el proceso de diseño del instrumento pedagógico, desde la preparación y diseño, pasando por el pilotaje que consiste en aplicar el instrumento para poner a prueba la mecánica y objetivos del instrumento, hasta llegar a su programación y evaluación una vez se ha aplicado al público objetivo.

El caso de estudio consiste en el diseño de un instrumento pedagógico con el método propuesto, para la enseñanza de *diseño de software* en el marco de PSP. Los resultados obtenidos en la encuesta permiten afirmar que la técnica didáctica aplicada en el instrumento es adecuada. El nivel de diversión fue valorado como bueno o muy bueno por el 85% de

los participantes, lo que refuerza la importancia de las actividades lúdicas (gamificadas) como motivadoras de aprendizaje. Adicionalmente, el 100% de los participantes aseguran que aplicarían el concepto de PSP en el área de ingeniería de software en la que se desempeñan actualmente, demostrando que si se buscan otras alternativas para presentar los temas se puede obtener mayor receptividad del público, aún en temáticas como PSP donde muchos profesionales una vez realizan el curso no lo implementan por su alto nivel de complejidad.

En cuanto al nivel de aprendizaje logrado en los participantes, éstos reconocen la importancia de PSP (50%), en menor medida la importancia del diseño de software (10%) y la utilización y priorización de listas de chequeo (10%). Esto significa que a nivel de las competencias de los participantes, se logró enfatizar la importancia del diseño de software y la utilización del marco PSP en esta área de conocimiento, además de adquirir los conceptos propuestos para este enfoque como son las listas de chequeos detalladas y priorizadas para obtener un diseño de calidad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realiza con el financiamiento de la Universidad de Medellín, la Universidad Politécnica de Madrid y Procesix, en el marco del proyecto conjunto “*Metodología de enseñanza-aprendizaje de PSP/TSP como iniciativa para mejorar los niveles de calidad y productividad de equipos de trabajo de desarrollo de software*”.

REFERENCIAS

- [1] W. S. Humphrey, "Introducción al Proceso Software Personal (PSP)," *Edición Addison Wesley*, 2001.
- [2] E. Chaos, "The Standish Group International," *A Recipe for Success*, 2014.
- [3] K. Venkatasubramanian, S. B. T. Roy, and M. V. Dasari, "Teaching and using PSP in a software engineering course: an experience report," in *Proceeding of the Software Engineering Education and Training Annual Conference. Chennai, India*, 2001.
- [4] M. A. Ampuero and Y. López Trujillo, "Creando un profesional con disciplina en el proceso de desarrollo de software," *Ingeniería Industrial*, vol. 27, p. 4 pág. 2010.
- [5] H. Gonzalez, "Implementing PSP/TSP Massively in Mexico," [En línea], Disponible: http://resources.sei.cmu.edu/asset_files/presentation/2010_017_001_298448.pdf?_ga=1.5830707.1033189389.1437594120
- [6] M. Towhidnejad and T. Hilburn, "Integrating the Personal Software Process (PSP) across the undergraduate curriculum," in *Frontiers in Education Conference, 1997. 27th Annual Conference. Teaching and Learning in an Era of Change. Proceedings.*, 1997, pp. 162-168.
- [7] P. Chacón, "El Juego Didáctico como estrategia de enseñanza y aprendizaje; Cómo crearlo en el aula," *Nueva aula abierta*, vol. 16, 2008.
- [8] A. B. González, "Diseño de juegos y creatividad: un estudio en el aula universitaria," *Opción*, vol. 31, 2015.
- [9] R. EPIDEMIOLOGICO, "Revisiones sistemáticas de la literatura," 2005.
- [10] J. Biolchini, P. G. Mian, A. C. C. Natali, and G. H. Travassos, "Systematic review in software engineering," *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, vol. 679, p. 45, 2005.
- [11] O. S. Gómez, A. A. Aguilera, G. E. Gómez, and R. A. Aguilar, "Estudio del Proceso Software Personal (PSP) en un entorno académico."
- [12] N. Manrique and J. Fredy, "Estudio empírico de aplicación de PSP para el desarrollo transversal de competencias de gestión, en estudiantes de un programa de tecnología en sistemas," 2012.
- [13] S. A. Cardona Torres, "Diseño de una estrategia de aprendizaje para implementar prácticas de PSP y TSP en cursos básicos de programación: caso programa de ingeniería de sistemas y computación Universidad del Quindío," 2012.
- [14] D. Soto and J. Agudelo, "Proceso personal del Software en la formación del profesional informático," *8th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 2010
- [15] G. Rong, H. Zhang, M. Xie, and D. Shao, "Improving PSP education by pairing: An empirical study," in *Proceedings of the 34th International Conference on Software Engineering*, 2012, pp. 1245-1254.
- [16] I. García, C. Pacheco, and N. Coronel, "Aprender a través de la Práctica: Definiendo un Modelo Alternativo para la Educación de la Ingeniería de Software en las Universidades Mexicanas como medio para reducir el vacío entre la Industria y la Academia."
- [17] A. L. G. Lara, J. A. M. Guevara, and J. A. C. Elizondo, "Evaluación del impacto de la certificación de PSP en alumnos de programas educativos de tecnologías de la información," *Secretario General*, p. 88.
- [18] F. A. Vargas and D. E. Soto, "Productividad y asertividad. Metodología aplicada desde el aula," *Memorias*, vol. 10, pp. 104-112, 2012.
- [19] A. C. C. França and F. Q. da Silva, "Designing motivation strategies for software engineering teams: an empirical study," in *Proceedings of the 2010 ICSE Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering*, 2010, pp. 84-91.
- [20] É. G. Crespo, R. C. Palacios, and A. A. Seco, "Desarrollo de competencias mediante la creación de una herramienta de soporte al PSP."
- [21] M. C. Gómez Álvarez, G. Piedad Gasca-Hurtado, C.-M. Villalón, J. Antonio, and T. s. San Feliu Guilbert, "Design of a pedagogic instrument for teaching software process improvement: Teaching instrument for university and business environments," in *Information Systems and Technologies (CISTI), 2014 9th Iberian Conference on*, 2014, pp. 1-7.
- [22] Manrique-Losada, B., Gasca-Hurtado, G. P., Giraldo-Marín, L. M., Gómez Álvarez, M.C. & Arango-Vasquez, S. Innovación curricular para ciencias básicas de ingeniería, basada en competencias y aprendizaje activo. LACCEI 2015, Santo Domingo. Julio 27-31, 2015.
- [23] Manrique-Losada, B., Giraldo-Marín, L.M., Gasca-Hurtado, G.P., Gómez-Alvarez, M.C., Tabares Betancur, M.S. & Arango-Vasquez, S. Núcleo Común De Competencias En Ciencias Básicas De Ingeniería: Una Propuesta De Innovación Curricular Orientada Hacia El Aprendizaje Activo, ACOFI 2015, Cartagena.
- [24] C. S. G. González, "Estrategias Gamificación aplicadas a la Educación y a la Salud."
- [25] M. Á. G. Halcones and N. P. González, "LA EVALUACIÓN DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. FUNDAMENTOS BÁSICOS," *Docencia e Investigación*, 2004.
- [26] B. M. Losada, G. P. G. Hurtado, and M. C. G. Alvarez, "Assessment proposal of teaching and learning strategies in software process improvement," *Revista Facultad de Ingeniería*, pp. 105-114, 2015.

Utilização das Tecnologias de Informação no contexto das Cidades Inteligentes em Grandes Cidades

O Caso de Lisboa

The Use of Information Technologies in the context of Smart Cities in Large Cities

The Lisbon Case Study

Joana Aires

NOVA Information Management School
Lisboa, Portugal
jmf.aires@gmail.com

Vítor Santos

NOVA Information Management School
Lisboa, Portugal
vsantos@novaims.unl.pt

Resumo — As *Smart Cities* podem ser vistas como uma nova abordagem para lidar com os problemas urbanos, como por exemplo a gestão do trânsito. Através da disponibilidade, infraestrutura e qualidade das Tecnologias de Informação e do capital humano é possível melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, promovendo a sua participação e proporcionando uma melhor monitorização de eventos que ocorrem na cidade. Sendo Lisboa uma grande cidade, neste artigo procura-se estudar as estratégias e os projetos que têm vindo a ser implementados comparando-os com os que têm vindo a ser realizados no Rio de Janeiro e Barcelona.

Palavras Chave - *Cidades Inteligentes; Tecnologias de Informação; Urbanismo; Cidadãos; Lisboa.*

Abstract — The *Smart Cities* can be seen as a new approach to dealing with urban problems such as traffic management. Through the availability, infrastructure and quality of Information Technologies and human capital the quality of citizens' life can improve, their participation is promoted and better monitoring of events occurring in the city is provided. As Lisbon is a big city, this article seeks to study its strategies and the projects that have been implemented, comparing them with those that have been held in Rio de Janeiro and Barcelona.

Keywords - *Smart Cities; Information Technologies; Urbanism; Citizens; Lisbon.*

I. INTRODUÇÃO

A expressão *Smart City* poderá ter a sua origem na investigação desenvolvida por David Bollier, publicada em 1998, no âmbito do movimento de 1990, *Smart Growth*, que defendia a criação de novas políticas para o planeamento urbano [1]. Atualmente, esta expressão foca-se principalmente no papel desempenhado pelas Tecnologias de Informação (TI), onde as *Smart Cities* (SC) devem ter uma infraestrutura com redes interligadas que suportem tecnologias e recolham dados

acerca da sua sustentabilidade [2]. Uma cidade pode ser considerada inteligente quando existe um investimento em infraestruturas de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), em redes de transportes, em capital humano e social, onde é efetuada uma boa gestão dos recursos disponíveis, contribuindo assim, para um melhoramento da qualidade de vida dos seus habitantes [3].

Com a crise económica, surgiram vários desafios nas cidades de todo o mundo, exigindo a adoção de novas políticas para promoverem estratégias, de forma a garantir a sustentabilidade e o desenvolvimento da economia [4]. Alguns desses desafios estão relacionados com a constante urbanização provocada pelo crescimento da população mundial. Este progressivo e complexo urbanismo exigirá, certamente, aos governantes formas inovadoras para gerir os recursos disponíveis e atenuar a sobrelotação das cidades [2]. As grandes metrópoles, atualmente apresentam alguns problemas, nomeadamente exclusão social, poluição atmosférica e sonora, congestionamento rodoviário, desigualdades económicas e financeiras, degradação de edifícios devolutos, diminuição dos espaços verdes e falta de espaço [5]. Neste contexto, também se nota o surgimento de novos reptos em termos de TI, como o desenvolvimento, a implementação e a conceção de novas estratégias e métodos de gestão para tornar as cidades mais sustentáveis, seguras e acolhedoras para todos os grupos da sociedade [6].

Tendo por base as referidas noções, com esta investigação pretende-se estudar a utilização das TI em *Smart Cities*, como estas podem auxiliar a gestão de uma cidade em determinadas áreas.

Com o intuito de comparar a evolução e o estado de desenvolvimento de Lisboa para uma cidade mais *Smart*, recolheram-se informações acerca dos projetos já desenvolvidos e comparados com os que têm sido realizados em Barcelona e no Rio de Janeiro. São também abordados

conceitos associados às vertentes de Análise de Dados, Serviços e Participação dos cidadãos [7], e as Tecnologias utilizadas.

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E MOTIVAÇÃO

Tomou-se a opção de estudar a situação de Lisboa, dado que, para além de ser a capital de Portugal, de acordo com os Censos 2011 a área de Lisboa registou uma densidade populacional de 940 residentes por km², destacando-se da densidade média do país que contabilizou 114,5 habitantes/km² [8]. Sendo também a segunda economia mais importante da Península Ibérica, destaca-se, na capital, o crescimento de projetos relacionados com SC em diferentes áreas, como por exemplo o *Mob Carsharing* que surge no âmbito da mobilidade [9].

Assim, verificando-se a existência de trabalhos realizados no campo das SC, o estudo encontra-se focado num âmbito mais restrito, que visa contribuir para a obtenção de uma melhor definição da utilização das TI no contexto das Cidades Inteligentes tendo como base o caso da cidade de Lisboa. Esta escolha permitirá a comparação com cidades que apresentam uma maior dimensão e que se destacam mundialmente pela importância e sucesso na implementação de projetos de SC, como é o caso do Rio de Janeiro, que se destacou com o prémio “cidade inteligente” atribuído no *Smart City Expo World Congress* [10] e de Barcelona [11].

No contexto deste trabalho considera-se que, sob a ótica das Tecnologias, as TIC funcionam como um “sistema nervoso digital” de captação de dados através de uma panóplia de fontes, como por exemplo, informações de trânsito, parques de estacionamento e câmaras de vigilância, permitindo que as cidades inteligentes sejam transformadas em ecossistemas que sentem e agem ([12] [13]), possibilitando a criação de algoritmos inspirados em conceitos biológicos [14]. Com esta constante receção de grandes quantidades de dados, em tempo real, provenientes de dispositivos móveis e sensores torna-se crítica a organização da atividade da urbe [15].

Nesta conjuntura, a implementação de projetos e soluções no âmbito de SC pode incidir em três áreas principais: Serviços, Participação e Análise de Dados [7]. Na perspetiva da “Análise de Dados” destacam-se as análises preditivas e comportamentais, com base em dados históricos. Através da sua exploração e análise é possível encontrar padrões ou eventos até ao momento desconhecidos, permitindo descobrir e criar nova informação e conhecimento [7].

Na área dos “Serviços” salientam-se a IBM, Cisco, Ericsson e Siemens como as principais organizações que fornecem diferentes soluções para o desenvolvimento e integração de infraestruturas de TIC [16]. Por exemplo, a IBM oferece em *Cloud Computing* três tipos de serviços que englobam um conjunto de áreas inerentes a uma cidade inteligente. O serviço para infraestruturas das cidades inclui o planeamento urbano e os transportes. Aquele que se aplica ao desenvolvimento, entre outros, abrange a segurança pública. O de gestão da cidade, confere auxílio na administração municipal, na governação e estratégia da urbe [17].

Na vertente “Participação” pretende-se que os cidadãos tenham um envolvimento ativo com a cidade através da sua participação e interação na tomada de decisão na vida política [18].

Elaborar a investigação da utilização das TI na implementação de SC em Lisboa é importante para compreender quais os projetos desenvolvidos e quais as soluções tecnológicas que possibilitam criar ambientes para a construção da infraestrutura de cidades desta dimensão.

O estudo a realizar procurará contribuir para identificar e compreender as boas práticas que atualmente estão a ser adotadas a nível mundial, nomeadamente na cidade do Rio de Janeiro, uma vez que pertence a um país de língua oficial portuguesa, o Brasil, e tem desenvolvido projetos de SC, como por exemplo a criação de um centro de operações, com o principal objetivo de coordenar e dar respostas à ocorrência de desastres naturais [19]. Em Espanha, Barcelona é atualmente uma das cidades mais avançadas a nível de tecnologia e inteligência urbana, liderando o setor das SC. Conta com projetos inovadores, tencionando exportar a sua experiência e tecnologia para outras cidades do mundo [20].

Importa assim compreender, como é que estas cidades inteligentes e as tecnologias estão a ser desenvolvidas e aplicadas. Também será importante compreender como a cidade de Lisboa, com anos de História, consegue adaptar-se à implementação de novas tecnologias, em termos de organização e mobilidade.

O estudo da utilização de TI no âmbito das SC na cidade de Lisboa proporcionará a recolha de ilações sobre o que poderia ser aplicado ou adaptado em outras cidades no restante território nacional.

III. QUESTÕES E OBJETIVOS DO ESTUDO

Tomando como objeto de estudo a cidade de Lisboa, procurou-se responder às seguintes questões:

- Qual o estado da implementação e utilização das Tecnologias e Sistemas de Informação para Cidades Inteligentes em Lisboa?
- Qual a maturidade da implementação do conceito *Smart City* em Lisboa?

De forma a alcançar os objetivos gerais supramencionados, foram propostos os objetivos específicos:

- Definir o conceito de Cidade Inteligente;
- Analisar detalhadamente as Tecnologias e Sistemas de Informação utilizadas nas Cidades Inteligentes;
- Identificar as iniciativas já realizadas em Lisboa relacionadas com as SC e comparar com as práticas efetuadas no mesmo âmbito, no Rio de Janeiro, dado que é uma cidade pertencente a um país de língua oficial portuguesa e tem projetos já desenvolvidos em SC e Barcelona, que é considerada uma das cidades mais inteligentes do mundo, pertence ao nosso país vizinho, Espanha;
- Compreender quais as oportunidades e os desafios que se colocam na implementação de SC em Lisboa;
- Extrapolar os resultados obtidos no estudo de caso para a generalidade das grandes cidades.

Considerando que os objetivos de estudo foram relacionados principalmente com o entendimento de um fenómeno emergente, o método de investigação mais apropriado foi o estudo de caso. Este consistiu numa análise completa e pormenorizada de um fenómeno referente a uma entidade social, tendo como principais objetivos aumentar o

conhecimento que existia acerca de um tema e estudar as alterações que ocorreram ao longo do tempo. É apropriado quando existem poucos dados sobre um acontecimento [21].

IV. ESTADO DA ARTE

Esta incluiu uma análise crítica sobre os conceitos fundamentais à realização deste trabalho de investigação, apresentando alguns tipos de cidades, que permitem a sua distinção tendo por base uma componente mais tecnológica e outras uma componente mais humana. Pretendeu-se compreender como é caracterizada uma *Smart City*; quais os projetos que foram ou estão a ser realizados em duas cidades consideradas casos de sucesso a nível mundial (Rio de Janeiro e Barcelona); que projetos em Lisboa já foram realizados e referidos em artigos, visando tornar a cidade mais inteligente, que conceitos estão associados às vertentes de Participação, Análise de Dados e Serviços e finalmente, existiu o intuito de verificar quais as tecnologias que têm contribuído para a implementação e monitorização de SC.

A. Tipos de Cidades

Para além do adjetivo *smart* também são consideradas outras definições de cidades, caracterizadas por outros adjetivos, que fazem correspondência com a dimensão a elas associada, como por exemplo, a dimensão tecnológica, que engloba as cidades da informação, digitais, inteligentes, ubíquas e híbridas. Numa outra dimensão é valorizado o capital humano, encontrando-se as cidades do conhecimento, humanas, criativas e de aprendizagem [22].

Também existem SC que surgem da junção do capital humano e das TI permitindo o desenvolvimento e a gestão urbana [3].

As cidades tipo consideradas foram as seguintes [22]: Cidades de Aprendizagem, Cidades do Conhecimento, Cidades Criativas, Cidades Digitais, Cidades Híbridas, Cidades Humanas, Cidades de Informação, Cidades Inteligentes, Cidades Ubíquas e Cidades *Wireless* [23]. Para além da definição de cada uma, tentou-se compreender quando é que o conceito surgiu, como é caracterizado e aplicado.

B. Smart Cities

O conceito *Smart City* é geralmente difuso, dado que, pode ser interpretado de várias formas, dependendo das dimensões abordadas [24]. Por esta razão no estudo são apresentadas algumas definições ligadas com as tecnologias de informação e outras à componente humana.

Para possibilitar o seu desenvolvimento, as SC atuam em seis áreas principais [18]: o Ambiente onde são tratados assuntos como as energias renováveis, redes de energia, construção de edifícios verdes, planeamento urbano mais sustentável em termos ambientais, medição e controlo da poluição, reutilização e substituição de recursos, renovação de edifícios, gestão de desperdícios, iluminação pública e melhoramento da qualidade da água. A Qualidade de Vida está principalmente associada a elevados níveis de capital e coesão social, são destacadas, por exemplo as boas condições de segurança, acesso aos serviços de saúde, habitação e condições para a promoção de eventos culturais. Tudo isto é proporcionado pelas TIC, que permitem o desenvolvimento de diferentes estilos de vida, padrões de consumo e

comportamento. A área da Economia engloba conceitos como *e-commerce* e *e-business*, inovação, empreendedorismo, com o intuito de serem criados novos produtos e serviços, novos modelos de negócio, baseados nas TIC. Na área Pessoas pretende-se que os cidadãos tenham acesso a programas de educação *online* de forma a capacitá-los cognitivamente para a promoção da inovação e da criatividade. Na Mobilidade integram-se os sistemas de logística e de transporte relativamente a autocarros, elétricos, comboios, metro, automóveis e bicicletas, suportados também pelas TIC. Requer-se a existência de segurança, sustentabilidade e que os transportes já referidos estejam interconectados com os sistemas. Por fim, a área da Governação está relacionada com a interação entre entidades e cooperações públicas, privadas e europeias, de forma a permitir que a cidade funcione efetivamente como um organismo vivo [2]. Também existem classificações quanto às subáreas, como por exemplo: bem-estar e inclusão social; gestão de espaços públicos; qualidade habitacional; agricultura e alimentação; logística da cidade; gestão da herança cultural; empreendedorismo e inovação [12].

C. Casos de Sucesso no Mundo

Barcelona, capital da Catalunha, é a segunda maior cidade de Espanha, a seguir a Madrid, em 2014 apresentava 1,602,386 milhões de habitantes e uma área territorial de 101.4 km² [25]. Considerada a cidade globalmente líder, seguida por Nova Iorque, Londres, Nice e Singapura. Barcelona destaca-se principalmente por promover iniciativas para um ambiente mais sustentável, sendo um excelente modelo de aprendizagem para outras cidades. Destaca-se também, pelo seu bom desempenho em assuntos como *smart traffic management* e *smart grids* [26]. Também, para a tomada desta decisão consideraram o trabalho e capacidade em promover a coesão social, *smart street lighting* e capacidade tecnológica [27].

Na vertente de Participação, *Vincles* é um projeto promovido pela área de Qualidade de Vida, Igualdade e Desporto, que tem como principal objetivo atenuar o isolamento de cidadãos com doenças crónicas, dependentes de terceiros, referenciados pelos serviços sociais e que tenham mais de 65 anos, através de uma rede de apoio social composta por membros da família, amigos, trabalhadores da área da saúde e serviços sociais. Todos aqueles que estejam dentro do mesmo círculo de amigos, podem comunicar uns com os outros podendo responder a necessidades e alertas da pessoa que acede a este serviço através de um *tablet* [28].

Após a revisão da situação da cidade de Barcelona, pode-se concluir que no futuro, a continuação de estratégia de SC irá continuar com investimentos, devido à existência de projetos de sucesso, com a partilha e participação em eventos internacionais, de modo a aumentar o perfil de Barcelona como *Smart City* reconhecida a nível global.

A cidade do Rio de Janeiro tem a segunda maior área metropolitana do Brasil, a seguir a São Paulo, com uma população estimada em 2014 de 6.453,682 milhões de habitantes e uma área territorial de 1.197,463 km² [29].

A cidade do Rio de Janeiro, devido a problemas de ordem ambiental e social efetuou uma parceria principalmente com a empresa IBM para o desenvolvimento do Centro de Operações Rio (COR), que inicialmente estava prevista a sua realização

para os Jogos Olímpicos de 2016. Todavia, devido, essencialmente aos desastres naturais, foi solicitada a sua concretização imediata, para funcionar como um centro de gestão e coordenação para dar uma resposta atempada em caso de situações de emergência. Desde a sua existência têm sido desenvolvidas rotinas operacionais, de manutenção e de otimização de recursos para serem obtidas respostas mais eficazes. Por exemplo os camiões de recolha de resíduos urbanos passaram a ser munidos de *GPS*, de forma que, em situações que sejam necessários possam alterar a sua rota [19]. No COR existe também, uma sala de crise, onde é possível efetuar videoconferências com a residência oficial do perfeito e com a sede da Defesa Civil, de forma a serem tomadas resoluções e decisões atempadamente. Também disponibiliza informação nas redes sociais, através do *Twitter*, *Facebook* e *Youtube* [30].

V. TECNOLOGIAS

Neste projeto importa compreender o que são as tecnologias, as TI, as TIC e ainda os Sistemas de Informação.

Neste contexto caracterizaram-se as tecnologias utilizadas nos projetos no âmbito das SC, tais como:

- *Bluetooth* [31];
- Computação em Nuvem [32];
- *Global System for Mobile Communication* [33];
- *Global Positioning System* [34];
- *Near Field Communication* [35];
- *Quick Response Code* [36];
- *Radio Frequency Identification* [37];
- *Wi-Fi* [38];
- *Wireless Sensor Networks* [39].

A. Estudo do Caso - Lisboa

A implementação do estudo qualitativo é o método mais aplicado a esta investigação [40]. Para tal foi desenhada uma entrevista estruturada com questões abertas, fechadas e semifechadas, de forma a recolher dados através de uma reunião individual com o atual Vereador dos Sistemas de Informação da Câmara Municipal de Lisboa (CML), o Dr. Jorge Máximo. A análise do material relacionado com a revisão da literatura alusiva à utilização das TI nas grandes cidades de Lisboa, Barcelona e Rio de Janeiro ajudou à compreensão global do tema em causa.

Para dar resposta a certas oportunidades e a desafios, a estratégia de Lisboa tem incidido principalmente em três eixos: o Empreendedorismo – A *Ignite* e a *TEDx* Lisboa são dois exemplos da competência e cooperação desempenhada por vários interessados em lançar novos negócios e em criar condições para reunir esforços e adicionar valor através do desenvolvimento de *startups*; a Disponibilização de dados – tem o intuito de permitir a cocriação de novos dados através daqueles que são disponibilizados. Para tal, existe o projeto *Open Data Lx* onde podem ser encontradas coleções de dados acerca de diversos assuntos da cidade de Lisboa. E nos Espaços de Inovação são aplicados os conceitos de laboratórios de fabricação digital e *Coworking*, onde existe o objetivo de fomentar a criatividade e a partilha das competências e conhecimentos de cada indivíduo [9].

Relativamente aos espaços de apoio à criatividade e inovação, estes permitem o acesso a equipamentos como

computadores com *software* de programação *computer-aided manufacturing* (CAM) e *computer-aided design* (CAD), máquinas de corte (vinil e *laser*) e impressora 3D. O *learn by doing* é o processo metodológico aplicado desde a conceção à concretização dos projetos [41].

Quanto ao empreendedorismo, Lisboa tem sido reconhecida internacionalmente. O programa “Lisboa Empreende/*Lisbon Micro-Entrepreneurship*” ganhou o Prémio Europeu de Promoção Empresarial 2015 [42].

Tendo como referência os conhecimentos anteriores, a entrevista foi estruturada em seis temas. A primeira incluiu questões relativas à implementação do conceito de *Smart Cities*, onde se verificou que Lisboa está posicionada na sua vanguarda e, apesar de tentar melhorar a área das tecnologias (é exemplo o projeto PESI [43] [44] [45]), ainda são necessárias capacidades técnicas e de investimento.

A capital está mais direcionada para a dimensão humana, do que, para a tecnológica. Foi premiada internacionalmente, pela sua conceituada rede de incubadoras. Têm sido realizados projetos de participação e governança de proximidade, focando-se nas áreas sociais, no desporto, na acessibilidade pedonal e ciclovias.

Atualmente, Lisboa caracteriza-se por ser uma cidade do Conhecimento, Criativa e Humana e no futuro pretende-se que continue do Conhecimento, Humana e que seja Inteligente.

As áreas que têm merecido uma maior atenção por parte da Câmara Municipal são a Economia, uma vez que a capital é um “*business centre, a alavanca e o centro da dinâmica do país*”, dado que a maior parte da população não reside em Lisboa, esta desloca-se para a capital por motivos económicos, o que conduz ao tema da Mobilidade, que implica uma gestão complexa, de um grande fluxo de indivíduos. Assim, a estratégia da CML salienta que é necessária a prestação de um melhor serviço às Pessoas e às suas expectativas. É pretendida a simplificação da vida dos cidadãos, uma vez que é através da construção de uma cidade mais fácil, no que respeita à obtenção de informação e de melhores acessos, que é constituído o fator de atração das mesmas. A melhoria da qualidade de vida dos habitantes, será efetuada com o apoio, progresso e utilização das TIC, principalmente na integração de sistemas que permitam uma melhor gestão da cidade, respondendo eficazmente às solicitações dos cidadãos. A Câmara está a trabalhar na criação de soluções ubíquas, para facilitar a interação com a cidade. A utilização das TIC, torna-se fundamental para aumentar a participação das pessoas na criação de soluções para a capital. A sensorização da cidade também é importante para o conhecimento do tipo de atividades que ocorrem, possibilitando a tomada de novas políticas. A CML conta também, com a colaboração e cooperação das Juntas de Freguesia, para aumentar a proximidade com os cidadãos, assumindo uma forte política inclusiva.

Um dos principais desafios para tornar Lisboa mais inteligente é a resistência à mudança. O próprio vereador dos Sistemas de Informação refere que “*Darwin dizia que não são os mais fortes que vencem, são aqueles que melhor se adaptam.*”

Os projetos de Lisboa poderiam servir de modelo para outras grandes cidades, pois, para além do trabalho em

conjunto com outras cidades internacionais, está bem cotada na rede de *Smart Cities* e é considerada um *benchmark*.

Na segunda dimensão, questionou-se, se a cidade de Lisboa acompanhava algum modelo ou boas práticas de uma determinada cidade europeia ou do resto do mundo, e como era comparada com a cidade de Barcelona e do Rio de Janeiro.

Realmente, a CML tem acompanhado projetos e observado cidades como Paris, Bristol, Bogotá, bem como Barcelona, Rio de Janeiro e outros países como os Estados Unidos da América. Todavia, tem realizado projetos consoante a sua capacidade, realidade, problemas e necessidades.

À semelhança do Centro de Operações da cidade do Rio de Janeiro, a Câmara de Lisboa está a desenvolver um Centro de Operações Integrado (COI), tendo duas plataformas, uma integradora e outra de inteligência, que para além da gestão dos dados não integrados poderá auxiliar na implementação de novas políticas. Estará focado na dimensão de gestão de operações, mobilidade e também em *safety and security*. Em vez da dependência de um fornecedor externo, o da cidade de Lisboa será mais aberto e flexível, incentivando os *stakeholders* da cidade a partilhar informação.

Em comparação com a cidade de Barcelona, no que diz respeito à minimização da solidão dos habitantes seniores, apesar de ser um tema de extrema importância para a CML, a informação ainda não é gerida de uma forma “*inteligente de alto nível*”, porém o tema do acompanhamento à distância na terceira idade está na agenda política, pois com o contributo dos órgãos dos direitos sociais estão a ser estudadas soluções acerca da teleassistência. Atualmente existe uma rede, ao nível do Município, Juntas de Freguesia e da Santa Casa da Misericórdia onde são identificados idosos solitários, com carências e a precisarem de auxílio.

É confirmado que os projetos de sucesso implementados na capital servem de referência a outras cidades portuguesas para aplicação e adaptação dos mesmos.

Já a terceira dimensão trata de questões acerca dos Serviços. Aqui constatou-se que as redes sociais e o *crowdsourcing* serão *outputs* para o COI, visando saber e compreender o que os cidadãos procuram, fazem e dizem acerca da cidade de Lisboa. Também está a ser iniciado o trabalho no eixo da *Internet of Things*, que contribuirá para o funcionamento pleno do COI.

Quanto aos Sistemas de Informação Geográficos, estes são considerados o coração do Município, permitindo a localização física de ativos e a recolha de geo-dados.

Na quarta dimensão foi abordado o tema da Análise de Dados, onde se verificou que o Vereador dos Sistemas de Informação é a favor da disponibilização dos dados, desde que estes não sejam confidenciais ou estejam protegidos pela Lei. Assim, a nova plataforma de dados abertos irá desafiar os cidadãos a criarem aplicações para melhorarem a cidade.

Em termos de *Big Data*, irão ser estabelecidas parcerias com entidades, para o desenvolvimento de um novo modelo gestor, de um grande volume de dados.

A Participação dos cidadãos, destacada na quinta dimensão é uma vertente prioritária para a CML: “*Nós focamo-nos em satisfazer as expectativas do cidadão. Portanto aumentar a participação é aumentar o processo de as ouvir e ir de encontro às suas expectativas, como somos citizens-oriented, isso é o mais importante, isso é o topo da decisão política*”.

Tem-se verificado uma boa aceitação por parte dos cidadãos, no que respeita à utilização de *Fablabs* e principalmente ao reconhecimento do trabalho realizado no âmbito de *Startups* e à realização do evento da *Web Summit*.

Existe uma componente no programa Lisboa Aberta, que pretende minimizar a iliteracia informática dos cidadãos através dos Centros de Cidadania Digital.

A temática das Tecnologias foi abordada, na sexta e última dimensão, onde se verificou que a implementação de projetos de novas tecnologias exige a renovação, a implementação de projetos piloto e o investimento, por exemplo em *Cloud Computing*, Redes de Sensores, Computação Ubíqua e *NFC*.

Lisboa também está presente em programas, como o *Smart City Forum*, da Associação Global da Indústria Digital (*TM Forum*), *Lighthouse Project* do Horizonte 2020 e na UCCI (União das Cidades Capitais Ibero-Americanas) onde participam outras cidades, o que proporciona a partilha de ideias, o desenvolvimento e realização de projetos.

VI. CONCLUSÕES

Cada cidade torna-se inteligente, à medida do seu ritmo, consoante a cultura e economia do seu país, adaptando-se às necessidades dos cidadãos e reforçando investimentos em projetos de TI direcionados em várias áreas, como o Ambiente, a Energia, a Mobilidade e as Pessoas. Lisboa está principalmente focada em melhorar as condições de vida dos seus residentes e não residentes, atendendo às suas expectativas, apostando também na introdução das TIC conforme as capacidades técnicas e financeiras, estando já projetos em curso para a realização e atualização da integração de sistemas de informação.

Os trabalhos futuros poderão avaliar a progressão da cidade de Lisboa, na inclusão e utilização de tecnologias, como a *Internet of Things*, a implementação do COI e como este poderá mudar a forma de gerir a capital de Portugal.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Assessor Dr. Nuno Xavier, pelo agendamento da entrevista e ao Vereador Dr. Jorge Máximo pela sua disponibilidade e auxílio para a conclusão da investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Harrison, and I. A. Donnelly, “A theory of smart cities,” in *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the ISSS, Hull, UK*. Vol. 55. No. 1. 2011. [Online] Available at: <http://journals.iss.org/index.php/proceedings55th/article/jiewFile/103/572&embedded=true> [Acedido em Janeiro 2015].
- [2] C. Manville, G. Cochrane, J. Cave, J. Millard, J. K. Pederson, R. K. Thaarup, A. Liebe, M. Wissner, R. Massink, and B. Kotterink, “Mapping Smart Cities in the EU,” 2014. [Online] Available at: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET%282014%29507480_EN.pdf [Acedido em Outubro 2014].
- [3] A. Caragliu, C. Del Bo, and P. Nijkamp, “Smart Cities in Europe,” *Journal of urban technology*, 18 (2), pp. 65-82. 2011.
- [4] S. Dirks, C. Gurdgiev, and M. Keeling, “Smarter cities for smarter growth: How cities can optimize their systems for the talent-based economy,” IBM Institute for Business Value, 2010. [Online] Available at: http://www.zurich.ibm.com/pdf/isl/infportal/IBV_SC3_report_GBE03348USEN.pdf
- [5] J. Ferrão, “Inclusão Social: Um Ingrediente Essencial de um Novo Metabolismo Urbano,” *Ingenium, II Série*, 139, pp. 36-37. 2014.

- [6] P. Pereira, and R. J. Machado, "Cidades de Amanhã: A Integração entre Patrimônio construído e Tecnologias de Informação," *Ingenium*, II Série, 139, pp. 24-27. 2014.
- [7] V. Santos, "Cidades do Futuro / cidades Inteligentes: O contributo da Engenharia Informática," *Ingenium*, II Série, 139, 54, 2014.
- [8] Instituto Nacional de Estatística, "Censos 2011 Resultados Definitivos - Região Lisboa," 2012. [Online] Available at: http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_publicacao_det&contexto=pu&PUBLICACAOESpub_boui=156651739&PUBLICACAOESmodo=2&selTab=tab1&pcensos=61969554 [Acedido em Novembro 2014].
- [9] H. Schaffers, N. Komninos, P. Tsarchopoulos, M. Pallot, B. Trousse, E. Posio, J. Fernandez, H. Hielkema, P. Hongisto, E. Almirall, et al., "Landscape and Roadmap of Future Internet and Smart Cities," 2012. [Online] Available at: <https://hal.inria.fr/hal-00769715/document>
- [10] C. Selada, "Smart Cities Portugal: um novo ambiente colaborativo," *Smart Cities Cidades Sustentáveis*, 2, 36. 2014.
- [11] B. Cohen, "The top 10 smart cities on the planet," *Co. Exist*, 11. 2012. [Online] Available at: <http://www.fastcoexist.com/1679127/the-top-10-smart-cities-on-the-planet>
- [12] P. Neirrotti, A. De Marco, A. C. Cagliano, G. Mangano, and F. Scorrano, "Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts," *Cities*, 38, pp. 25-36. 2014. doi:10.1016/j.cities.2013.12.010
- [13] I. Marsá-Maestre, M. A. López-Carmona, J. R. Velasco, and A. Navarro, "Mobile agents for service personalization in smart environments," *Journal of Networks*, 3 (5), pp. 30-41. 2008. doi:10.4304/jnw.3.5.30-41
- [14] D. H. Stolfi, and E. Alba, "Red Swarm: Reducing travel times in smart cities by using bio-inspired algorithms," *Applied Soft Computing*, 24, pp. 181-195. 2014. doi:10.1016/j.asoc.2014.07.014
- [15] H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson and A. Oliveira, "Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation," *Future internet assembly*, 6656 (31), pp. 431-446. 2011. doi:10.1007/978-3-642-20898-0_31
- [16] M. T. Akçura, and S. B. Avci, "How to make global cities: Information communication technologies and macro-level variables," *Technological Forecasting and Social Change*, 89, pp. 68-79. 2014. doi:10.1016/j.techfore.2013.08.040
- [17] P. Fritz, M. Kehoe, J. Kwan, "IBM Smarter City Solutions On Cloud. White Paper," 2012.
- [18] R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, R., Kalasek, N. Pichler-Milanovic, and E. Meijers, "City-ranking of European medium-sized cities," *Centre of Regional Science*, Vienna UT, 2007. [Online] Available at: http://curis.ku.dk/ws/files/37640170/smart_cities_final_report.pdf [Acedido em Novembro 2014].
- [19] V. Buscher, and L. Doody, "Global Innovators: International Case Studies on Smart Cities," *BIS Research Paper*, 135, 2013. 135. https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/249397/bis-13-1216-global-innovators-international-smart-cities.pdf [Acedido em Setembro 2014].
- [20] M. V. Figueiredo, "Viver Barcelona," *Smart Cities Cidades Sustentáveis*, 5, pp. 26-31. 2015.
- [21] M. F. Fortin, J. Côte, and F. Filion, "Fundamentos e etapas do processo de investigação," *Loures: Lusodidacta*, 2009.
- [22] T. Nam, and T. A. Pardo, "Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions," in: *Proceedings of the 12th Annual International Digital Government Research Conference: Digital Government Innovation in Challenging Times*. ACM, pp. 282-291. 2011. doi: 10.1145/2037556.2037602
- [23] Cisco, "A Strategic Roadmap Wireless Cities," 2007.
- [24] R. G. Hollands, "Will the real smart city please stand up? Intelligent, progressive or entrepreneurial?," *City* 12 (3), pp. 303-320. 2008.
- [25] Idescat, "Territorio. El municipio en cifras. Barcelona – Población (2014)," [Online] Available at: <http://www.idescat.cat/emex/?id=080193&lang=es> [Acedido em Maio 2015]
- [26] Juniper Research, "Barcelona named Global Smart City – 2015," [Online] Available at: <http://www.juniperresearch.com/press/press-releases/barcelona-named-global-smart-city-2015> [Acedido em Maio 2015].
- [27] Smart Cities and Communities, "Barcelona is the World's Smartest City 2015," *The Market Place of the European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities*, 2015. [Online] Available at <https://eu-smartcities.eu/content/barcelona-world%E2%80%99s-smartest-city-2015> [Acedido em Maio 2015].
- [28] Barcelona City Council, "Barcelona Smart City," 2015. [Online]. Available at: <http://smartcity.bcn.cat/en/vincles-bcn.html> [Acedido em Maio 2015].
- [29] IBGE, "Cidades. Rio de Janeiro. Informações Estatísticas – Estimativa da População 2014." [Online]. Available: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330455&search=||infogr%E1ficos:-informa%E7%F5es-completas> [Acedido em Maio 2015].
- [30] Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, "Centro de Operações do Rio." [Online]. Available at: <http://centrodeoperacoes.rio/institucional> [Acedido em Maio 2015].
- [31] Bluetooth Technology Website, "Brief tutorial on Bluetooth wireless technology." [Online]. Available at: <http://www.bluetooth.com/Pages/Fast-Facts.aspx> [Acedido em Junho 2015].
- [32] K. Su, J. Li, and H. Fu, "Smart city and the applications," in: *Electronics, Communications and Control (ICECC)*, International Conference on. IEEE, pp. 1028-1031. 2011. [Online]. Available at: http://www.crisismanagement.com.cn/templates/blue/down_list/llzt_zhcs/SmartCity%20and%20the%20Application.pdf
- [33] Smart Cities, "Trace analysis and mining for smart cities: issues, methods, and applications," *IEEE Communications Magazine* 121, 2013.
- [34] A. S. Elmaghraby, and M. L. Michael, "Cyber security challenges in Smart Cities: Safety, security and privacy." *Journal of advanced research*, 5 (4), pp. 491-497. 2014.
- [35] R. Kitchin, "The real-time city? Big data and smart urbanism," *GeoJournal*, 79 (1), pp. 1-14. 2014. [Online]. Available at: <http://eprints.maynoothuniversity.ie/5625/1/RK-Real-time-City.pdf>
- [36] Mulligan, Catherine EA, e Magnus Olsson, "Architectural implications of smart city business models: an evolutionary perspective," *Communications Magazine*, IEEE, 51 (6), pp. 80-85. 2013.
- [37] G. P. Hancke, and G. P. Hancke Jr., "The role of advanced sensing in smart cities," *Sensors*, 13 (1), pp. 393-425. 2012.
- [38] Wi-Fi Alliance, "Who we Are." [Online]. Available at: <http://www.wi-fi.org/who-we-are>
- [39] F. L. Lewis, "Wireless sensor networks," *Smart environments: technologies, protocols, and applications*, pp. 11-46. 2004. [Online]. Available at: <http://www.ing.unibs.it/~wsnlab/download/WirelessSensorNetworks.pdf>
- [40] R. K. Yin, "Case study research: Design and Methods". 4th ed. London: Sage Publications, 2009.
- [41] FabLab Lisboa, "About Us," 2013. [Online]. Available at: http://fablablisboa.pt/?page_id=412 [Acedido em Setembro 2015].
- [42] Revista Smart Cities, "Lisboa Empreende Vence Prémio Europeu," 2015. [Online]. Available at: <http://www.smart-cities.pt/pt/noticia/8lisboa-emprende-vence-premio-europeu74/> [Acedido em Novembro 2015].
- [43] Santos, V.; Amaral, L.; Mamede, H.; Gonçalves, R. (2015) "Creativity in the Information Systems Planning Process". In *Handbook of Research on Innovations in Information Retrieval, Analysis, and Management*. IGI-Global.
- [44] Santos, V., Amaral, L. (2012) "Estratégias para a introdução de Criatividade em diferentes abordagens de Planeamento de Sistemas de Informação – 11ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação - Guimarães, Portugal, Setembro 8-10.
- [45] Santos, V., Amaral, L. (2012) "Introdução de criatividade no processo de identificação de estratégias de qualidade de dados" *Creativity and Innovation in Information Systems and Engineering Workshop CRIISE2012 – inserido na 7ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI) [ISI], [IEEE], - Madrid, Espanha, 20 e 23 de Junho*

Utilización de la herramienta Taller de Moodle para e-coevaluaciones

Un caso de estudio

Using Moodle Workshop tool for online peer assessments

A case study

Adelaida M. Delgado Domínguez
Dpto Ciencias Matemáticas e Informática
Universidad de las Islas Baleares
Palma de Mallorca, España
adelaida.delgado@uib.es

Resumen — Este artículo presenta un caso de estudio acerca de la utilización de la herramienta Taller de Moodle para llevar a cabo las coevaluaciones en línea de trabajos realizados por los alumnos. Se indican los beneficios obtenidos y los aspectos desfavorables de la experiencia, éstos últimos provocados tanto por cuestiones metodológicas como por la configuración de la herramienta y sus características, aportando ideas de mejora.

Palabras Clave - coevaluación; Moodle; taller; e-learning; enseñanza universitaria.

Abstract — This paper presents a case study about the use of the Moodle Workshop tool to carry out the online peer assessments of the student's tasks. The profits and unfavorable aspects of the experience are shown, the last ones caused by both methodological issues and the configuration of the tool and its features, providing ideas for improvement.

Keywords – peer assessment; Moodle; workshop; e-learning; university education.

I. INTRODUCCIÓN

La evaluación orientada al aprendizaje, en contraposición a la evaluación sumativa, que simplemente lo certifica o valida, debe de considerarse como una tarea propiamente de formación, implicando a los alumnos como evaluadores (coevaluación y/o autoevaluación) y proporcionando una retroalimentación prospectiva orientada a mejorar y a promover un aprendizaje significativo [1].

Disponer de una herramienta electrónica que nos permita agilizar y centralizar la labor de recogida de las tareas de los alumnos en formato electrónico y la asignación de éstas a otros compañeros/grupos para su coevaluación, y que nos proporcione además un mecanismo automático para el cálculo de puntuaciones utilizando rúbricas y la posibilidad de incorporar comentarios de retroalimentación, es una gran ayuda para cursos universitarios [10] [11] [12] [13], especialmente si tienen gran cantidad de alumnos matriculados.

II. DIFICULTADES Y BENEFICIOS DE LA COEVALUACION

La participación de los alumnos en el proceso de evaluación formativa puede implicar una serie de inconvenientes, pero también ofrece interesantes beneficios.

Como dificultades que presentan los alumnos, podríamos mencionar las siguientes [2]:

- Cierta resistencia inicial;
- Conceptualización limitada sobre el sentido y finalidad de la evaluación;
- Carencia de criterios explícitos o una falta de comprensión de los mismos;
- Inexperiencia en la emisión de juicios valorativos;
- Influencia de las relaciones entre compañeros a la hora de evaluar (amiguismo);
- Temor a la influencia de la evaluación en la relación con los compañeros (en el caso de que no sea anónima);
- No aceptación de las valoraciones negativas de sus compañeros

Con respecto al profesor, se halla ante dos grandes preocupaciones de esta estrategia evaluativa [3][4]:

- Asegurar la fiabilidad, en función del grado de coincidencias existentes entre las evaluaciones realizadas por los distintos alumnos sobre un mismo producto
- Asegurar la validez, en función del nivel de similitud respecto a la evaluación si ésta fuera realizada por el docente

Sin embargo la evaluación entre iguales presenta un conjunto de ventajas o beneficios a tener en cuenta [2]:

- Mejora de los procesos y productos del aprendizaje (mayor estructuración del aprendizaje, incremento del rendimiento, incentivación para mejorar el esfuerzo tanto personal como grupal, estimulación del pensamiento crítico)
- Contribución al desarrollo de estrategias interpersonales y habilidades sociales, como la empatía
- Mejora de la capacidad para emitir juicios y evaluar
- Adquisición de competencias académicas y/o profesionales como el desarrollo del pensamiento reflexivo, crítico e independiente, estrategias diversas gracias al conocimiento de diferentes soluciones para la resolución de problemas, el aumento de la autonomía o una mayor capacidad de discusión y negociación.

III. CASO DE ESTUDIO UTILIZANDO LA HERRAMIENTA TALLER DE MOODLE PARA REALIZAR COEVALUACIONES EN LINEA

Para los usuarios de Moodle, utilizando la actividad Taller, no es necesario acudir al uso de herramientas externas como por ejemplo CoRubrics [6] o su versión mejorada CoRubrics GAFE [7], para llevar a cabo el proceso de gestión de las coevaluaciones, quedando además todo integrado en la plataforma de teleeducación. Si bien se podrían utilizar plantillas electrónicas, como por ejemplo Rubistar [8], para diseñar las rúbricas pertinentes de manera colaborativa con los alumnos, previamente a ser convertidas al formato que exige el taller.

Durante el curso 2015-16 se ha estado utilizando el taller de Moodle con 4 grupos medianos de prácticas de la asignatura "Didáctica de Matemáticas" correspondiente a los estudios de Grado en Educación Primaria de la Universidad de las Islas Baleares. Cada uno de estos grupos constaba de unos 40 alumnos, organizados en equipos de 4 personas, lo cual suponía un total de 40 equipos, los cuales semanalmente entregaban una práctica que debía ser evaluada. De las 12 prácticas establecidas a lo largo del curso, 2 fueron evaluadas por profesores mientras que las 10 restantes fueron evaluadas por pares de alumnos mediante el taller de Moodle. Para 5 de estas 10 prácticas se proporcionaron rúbricas. La primera de ellas fue creada de manera colaborativa con los alumnos a través de Google Drive, dado que las herramientas de evaluación eran parte del temario de la asignatura y debido también a que una buena rúbrica debería contar con los evaluados para su diseño [5]. Para el resto se establecieron unos criterios de evaluación, particulares para cada práctica, para que llevaran a cabo la calificación acumulativa y la retroalimentación. Cada equipo debía evaluar el trabajo de otros 2 equipos.

Veamos un ejemplo de las diferentes fases del taller de Moodle de una de las prácticas:

A. Fase de configuración

Para detallar el enunciado se optó por poner el enlace a un documento compartido en Google Drive, como se puede observar en la Fig. 1. Las razones son, por un lado porque los

enunciados son largos y llevan incluidas varias imágenes, así al indicar que se muestre la descripción en la página del curso tan sólo aparece un enlace y no se satura de contenido la página principal de la asignatura. Si no se marca esta opción, el enunciado deja de estar accesible para los alumnos una vez que pasamos a las fases siguientes, y se deseaba que se pudiera consultar en cualquier momento. Por otro lado además, de esta manera puede ser redactado de manera colaborativa por los diferentes profesores de la asignatura.

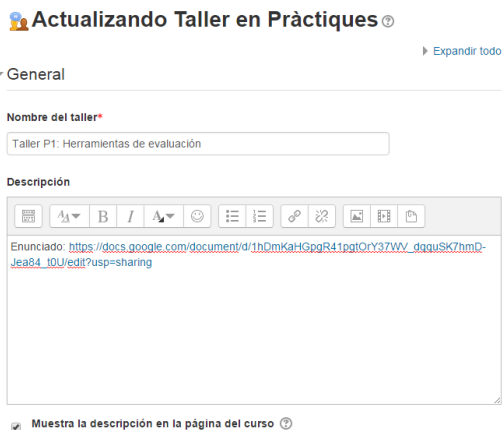


Figure 1. Fase de configuración. Edición del nombre y descripción del taller.

En esta fase se ha de indicar también la estrategia de calificación, en este caso una rúbrica (Fig. 2). Las otras posibilidades son: calificación acumulativa (se realizan comentarios y calificaciones sobre los aspectos especificados), comentarios (se hacen comentarios sobre aspectos específicos, pero no se otorga calificación) y número de errores (se realizan comentarios y una calificación tipo si/no sobre las afirmaciones realizadas). También se ha de indicar qué peso sobre la calificación global de la práctica se otorga al envío y cuál a la coevaluación realizada. En las primeras prácticas el peso de la coevaluación fue sólo del 10% ya que no estaban ejercitados en la misma, luego se subió a un 20% para que fuera más significativa.

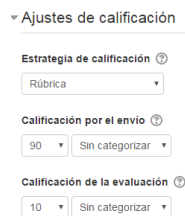


Figure 2. Fase de configuración. Edición de los ajustes de calificación.

En esta fase también se define el formato de evaluación o sea, en este caso, el diseño de la rúbrica. La edición de rúbricas en Moodle se realiza criterio a criterio, indicando primeramente una descripción de éste y a continuación dando un valor de 0 a 100 para la calificación de nivel y proporcionando su

definición. Dada una rúbrica genérica como la mostrada en la Fig. 3, su conversión al formato de Moodle se realizaría de la siguiente manera (Fig. 4):

Dimensiones o criterios de evaluación	Niveles de desempeño: cualitativo y cuantitativo			
	nivel de no logro	nivel de logro		
	Desempeño inferior	Desempeño normal	Desempeño superior	
	0-4	5-7	8-10	
Criterio 1	30%	Características del desempeño inferior para el criterio 1	Características del desempeño normal para el criterio 1	Características del desempeño superior para el criterio 1
Criterio 2	20%	Características del desempeño inferior para el criterio 2	Características del desempeño normal para el criterio 2	Características del desempeño superior para el criterio 2
Criterio 3	10%	Características del desempeño inferior para el criterio 3	Características del desempeño normal para el criterio 3	Características del desempeño superior para el criterio 3
Criterio 4	40%	Características del desempeño inferior para el criterio 4	Características del desempeño normal para el criterio 4	Características del desempeño superior para el criterio 4

Figure 3. Rúbrica genérica con diferentes pesos de los criterios de evaluación.

▼ Criterio 1

Descripción

Descripción del criterio 1

Calificación de nivel y definición

0 Nada realizado

Calificación de nivel y definición

12 Características del desempeño inferior para el criterio 1

Calificación de nivel y definición

21 Características del desempeño normal para el criterio 1

Calificación de nivel y definición

30 Características del desempeño superior para el criterio 1

Figure 4. Fase de configuración. Edición de la rúbrica en Moodle.

- Establecer la puntuación 0 para el nivel inferior, ya que Moodle calcula la puntuación de un estudiante restando la mínima puntuación disponible en el formato de la rúbrica a la puntuación actual del estudiante lograda en la rúbrica, y dividiendo este resultado entre la diferencia existente entre las puntuaciones máxima y mínima disponibles [9]. No establecer ese mínimo en 0 puede llevar a resultados inesperados.
- Para los siguientes niveles calcular el valor como el producto de la ponderación del criterio en cuestión (expresado en valores de 1 a 10) y la puntuación máxima otorgada a cada nivel de desempeño. En el

ejemplo vemos que para el criterio 1 que vale un 30% los valores de los diferentes niveles serán 12 (procedente de multiplicar 3 por el valor máximo 4 del rango de desempeño inferior), 21 (procedente de multiplicar 3 por el valor máximo 7 del desempeño normal) y 30 (procedente de multiplicar 3 por el valor máximo 10 del desempeño superior).

Si elegimos la configuración de la rúbrica con un diseño de rejilla, los alumnos verán la rúbrica con el formato mostrado en la Fig. 5, donde además aparece al final el editor para los comentarios de retroalimentación global del trabajo a evaluar.

Formato de evaluación

Criterios	Niveles			
Descripción del criterio 1	Nada realizado	Características del desempeño inferior para el criterio 1	Características del desempeño normal para el criterio 1	Características del desempeño superior para el criterio 1
Descripción del criterio 2	Nada realizado	Características del desempeño inferior para el criterio 2	Características del desempeño normal para el criterio 2	Características del desempeño superior para el criterio 2
Descripción del criterio 3	Nada realizado	Características del desempeño inferior para el criterio 3	Características del desempeño normal para el criterio 3	Características del desempeño superior para el criterio 3
Descripción del criterio 4	Nada realizado	Características del desempeño inferior para el criterio 4	Características del desempeño normal para el criterio 4	Características del desempeño superior para el criterio 4

Retroalimentación global

Retroalimentación para el autor

Editor de texto para retroalimentación para el autor.

Figure 5. Fase de configuración. Visualización de la rúbrica y del editor de comentarios para la retroalimentación.

En esta fase de configuración también se indicaron los parámetros de los envíos y se optó por codificar los nombres de los ficheros, por cuestiones organizativas, para identificar fácilmente cada uno a que práctica pertenecía, y a qué equipo (los equipos a su vez llevaban el código del grupo mediano de prácticas y del grupo grande al que pertenecían), como se muestra en la Fig. 6.

▼ Parámetros de los envíos

Instrucciones para el envío

Subid vuestra práctica en formato pdf.

El nombre del fichero ha de seguir la siguiente sintaxis:

código del equipo + "-" + código de la práctica + ".pdf"

Ejemplo: G3M1-04-P1.pdf

Figure 6. Fase de configuración. Edición de los parámetros de envío.

Y además en esta fase se indicó la disponibilidad (Fig. 7), es decir los plazos tanto para realizar los envíos de la práctica como para llevar a cabo las coevaluaciones. Aquí se automatizó el paso de la fase de envío a la fase siguiente de evaluación, tras la finalización de los envíos. Si se opta por esta automatización hay que pensar en configurar la asignación programada en la fase de envío, como se verá a continuación.

Disponibilidad

Abierto para envíos desde 28 septiembre 2015 10:00 Habilitar

Fecha límite de los envíos 28 septiembre 2015 23:55 Habilitar

Cambiar a la siguiente fase después de la fecha límite para envíos

Disponibilidad para evaluación desde Habilitar

Fecha límite para las evaluaciones Habilitar

Ajustes comunes del módulo

Restricciones de acceso

Figure 7. Fase de configuración. Edición de la disponibilidad.

B. Fase de envío

En esta fase principalmente se configura la asignación de los envíos, la cual puede ser manual, aleatoria o programada si se automatiza el cambio a la siguiente fase. En la asignación programada (Fig. 8) el número de trabajos por defecto asignados a cada coevaluador es de 5. En nuestro caso se limitó a 2. También se marcó la casilla “Impedir revisiones por pares del mismo grupo” por si algún trabajo era subido de manera duplicada por más de un miembro del mismo grupo, que al menos no les tocara aleatoriamente evaluar su propio trabajo. Esta opción tiene más sentido si realmente todos los miembros del equipo suben el trabajo a evaluar. Si no se marca la casilla “Los participantes pueden evaluar sin haber revisado nada” entonces sólo los alumnos que han enviado los trabajos de cada grupo son los que reciben los trabajos a evaluar.

Asignación manual | Asignación aleatoria | Asignación programada

Ajustes de la asignación programada

Habilitar asignación programada Asignar automáticamente las entregas al final de la fase de envío

Estado actual

Ajustes de asignación

Modo de grupo: Grupos visibles

Número de evaluaciones: 2 por envío

Impedir revisiones por pares del mismo grupo

Eliminar asignaciones actuales

Los participantes pueden evaluar sin haber enviado nada

Agregar autoevaluaciones

Figure 8. Fase de envío. Edición de los ajustes de la asignación programada.

C. Fase de evaluación

Durante este período los alumnos pueden acceder a los trabajos asignados para evaluar y han de cumplimentar la rúbrica y el comentario de retroacción.

D. Fase de calificación de evaluaciones

En esta fase se pueden revisar las evaluaciones realizadas por los alumnos. Si las diversas valoraciones recibidas para un mismo trabajo son similares, Moodle asigna al evaluador la puntuación máxima establecida para ello, como se puede ver en la Fig. 9.

Informe de calificaciones del Taller

Grupos visibles (G3) Todos los participantes

Página: 1 2 (Siguiente)

Nombre / Apellido(s)	Envío	Calificaciones recibidas	Calificación por el envío (de 90)	Calificaciones otorgadas (de 90)	Calificación de la evaluación (de 10)
Ariadna	G1M1-04-PS	85 (10) Margarita	56	85 (10) Margarita	10
		27 (10) Maria Cristina		74 (10) Maria	
Llorenç	G3M01-3-PS	41 (10) Maria Del Pilar	63	77 (10) Maria Teresa	10
		85 (10) Cristina		41 (10) Maria Àngels	
Marta	G3M1-01-PS	85 (10) Maria Àngels	85	90 (10) Maria Del Pilar	10
		85 (10) Enrique		27 (10) Ariadna	

Figure 9. Fase de calificación de evaluaciones. Calificación máxima de la evaluación por defecto.

El profesor puede modificar manualmente esas calificaciones, si considera por ejemplo que las coevaluaciones están incompletas o no suficientemente justificadas, y también enviar un comentario de retroalimentación al revisor. A continuación debe pulsar el botón de recalcular las calificaciones para que tengan efecto las modificaciones realizadas, tal como se puede apreciar en la Fig. 10 en las que se han reducido algunos valores de las calificaciones otorgadas, y tras recalcularlas ha disminuido el valor de la calificación de la evaluación.

Recalcular las calificaciones

Informe de calificaciones del Taller

Grupos visibles (G3) Todos los participantes

Página: 1 2 (Siguiente)

Nombre / Apellido(s)	Envío	Calificaciones recibidas	Calificación por el envío (de 90)	Calificaciones otorgadas (de 90)	Calificación de la evaluación (de 10)
Ariadna	G1M1-04-PS	85 (10) Margarita Mas	56	85 (44) Margarita	5
		27 (10) Maria Cristina		74 (44) Maria	
Llorenç	G3M01-3-PS	41 (10) Maria Del Pilar	63	77 (44) Maria Teresa	8
		85 (10) Cristina		41 (10) Maria Àngels	
Marta	G3M1-01-PS	85 (10) Maria	85	90 (10) Maria Del Pilar	10
		85 (10) Enrique		27 (10) Ariadna	

Figure 10. Fase de calificación de evaluaciones. Calificaciones otorgadas modificadas y su repercusión en la calificación de la evaluación.

E. Cierre del taller

Al cerrar el taller las coevaluaciones (calificaciones numéricas y comentarios) se hacen visibles de forma anónima para los alumnos. También se podrán ver las modificaciones y observaciones de los profesores. Tanto la nota de la tarea, como la nota del envío y la de la labor de coevaluación pasan

automáticamente al libro de calificaciones del alumno, pero sólo de aquel miembro que ha subido el trabajo a evaluar, para el resto se han de copiar manualmente.

F. Valoraciones de la experiencia y lecciones aprendidas

Como aspectos positivos del resultado de la experiencia cabría señalar los siguientes:

- La digitalización y centralización de todo el proceso gracias al uso de la herramienta taller de Moodle
- Una mayor inmediatez en la obtención de calificaciones y retroalimentación (los alumnos disponían de 2 días para llevarlas a cabo y luego los cálculos en Moodle eran instantáneos) frente a las varias semanas que llevaba a los profesores evaluar los 40 trabajos de cada entrega
- El conocimiento previo de los criterios de evaluación por parte de los alumnos (incorporados en el enunciado) para desarrollar la práctica teniendo en mente la evaluación
- Mayor diversidad de estrategias para resolver una tarea al tener que reflexionar y evaluar un par de trabajos de los compañeros.
- La ejercitación de los alumnos en el proceso de evaluación el cual formará parte de su labor profesional

Como aspectos desfavorables de la experiencia, y como posibles mejoras estratégicas y de mayor explotación de la herramienta, destacar:

- Se ha producido una saturación de trabajo tanto por parte del profesor como del alumnado al haber tantas prácticas durante el curso. Para que la evaluación sea realmente formadora hay que poder dedicarle más tiempo, por eso se ha decidido que para el siguiente curso sería preferible reducir el número de prácticas a la mitad y así dedicar sesiones alternas a la realización de las prácticas y a su evaluación;
- Por cuestiones de tiempo, el que los alumnos colaboren en la elaboración de la rúbrica, que sería la situación ejemplar según [5], sólo se pudo plantear para la primera práctica. Intercalando sesiones de evaluación se podría tener más en cuenta este aspecto;
- Algunos equipos se despistaron con los plazos de entrega de la tarea y una vez iniciada automáticamente la fase de la evaluación sus trabajos tuvieron que ser entregados y evaluados fuera del taller. Para evitar esta situación se puede tener en cuenta la posibilidad de seleccionar la opción de “Envíos de última hora” al configurar los parámetros de los envíos en el taller, tal como se puede observar en la Fig. 11:

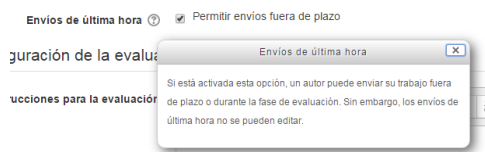


Figure 11. Permitiendo envíos fuera de plazo

- Los alumnos echaron en falta recibir retroalimentación por parte del profesor al disponer únicamente de la de sus compañeros. Para el curso siguiente se ha decidido que, para cada entrega quincenal, el profesor evaluará el trabajo de 2 o 3 equipos al azar de cada uno de los grupos (un 20-30% del total) y en las sesiones de evaluación comentará los errores, antes de que los alumnos procedan a la coevaluación. Estas prácticas con las correcciones realizadas por el profesor podrían servir de ejemplo para cursos venideros para que los alumnos puedan practicar la evaluación en línea, utilizando la opción “Envíos de ejemplo” en la fase de configuración del taller, tal como se muestra en la Fig. 12. Posteriormente el profesor también revisará minuciosamente todas aquellas coevaluaciones cuya calificación difiera considerablemente entre los evaluadores con el fin de asegurar su fiabilidad y su validez;

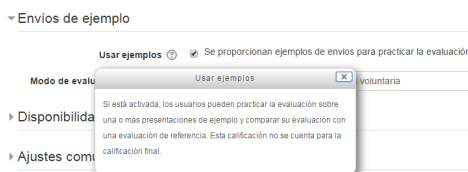


Figure 12. Configurando la posibilidad de incluir envíos de ejemplo

- Se produjeron quejas por parte de los alumnos acerca de la falta de criterio e inexperiencia a la hora de evaluar a sus compañeros. Para subsanar esta deficiencia se ha decidido para el curso siguiente que, aparte de la medida anteriormente comentada de que el profesor explique la corrección de varias prácticas entregadas, el profesor realice una “práctica correcta” y la esponga de modelo en clase antes de que se lleve a cabo la coevaluación. También se revisarán varias coevaluaciones al azar y se enviará retroalimentación a los evaluadores cuando sea preciso (con la consecuente repercusión de la nota de los coevaluadores si no se esfuerzan en realizar críticas constructivas razonadas);
- Algunos coevaluadores se limitaron a aplicar la rúbrica o a seleccionar un valor de las escalas de puntuación en las calificaciones acumulativas, sin rellenar los campos de comentarios de retroalimentación, proporcionando así tan solo una evaluación numérica. Para evitar esta situación se obligará a rellenar ese campo, configurando la opción por defecto que es “habilitado y opcional” por “habilitado y obligatorio”, tal como se muestra en la Fig. 13. Además se dará más peso a la

coevaluación (20-30% con respecto al actual 10-20%) para la calificación global de la práctica, y también más peso a las prácticas con respecto a la nota global de la asignatura, con la finalidad de que los alumnos vean que se les valora más la labor de evaluar a sus compañeros;

- El hecho de haberse despistado algún equipo con los plazos de entrega de las coevaluaciones, tuvo como consecuencia que el trabajo de algún equipo recibió sólo una coevaluación o incluso en una ocasión coincidió que un trabajo no fue coevaluado por ninguno de los dos equipos asignados y lo tuvo que evaluar el profesor. Para el curso siguiente los alumnos seguirán utilizando la herramienta para coevaluar pero esa labor se realizará en tiempo de clase presencial, en las sesiones de evaluación, para asegurar la participación de todos los asistentes.

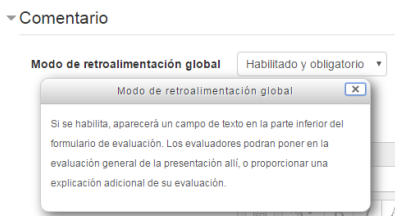


Figure 13. Exigiendo un comentario de retroalimentación

Por último señalar que, al igual que en la experiencia llevada a cabo en [10], se han echado en falta las siguientes facilidades de la herramienta:

- La posibilidad de interacción de los alumnos evaluados con sus evaluadores para poder debatir con ellos la calificación y retroacción recibida;
- La posibilidad de que al trabajar en equipos, y habiendo configurado estos como grupos de Moodle, las calificaciones se trasladen automáticamente a todos los miembros, ya que sólo se le otorga al miembro que ha subido la tarea y obliga a una asignación manual del resto por parte del profesor

IV. CONCLUSIONES

La herramienta taller de Moodle ha resultado muy útil en las coevaluaciones para agilizar y centralizar la recogida masiva y en línea de trabajos de los equipos de alumnos, para asociar una rúbrica y automatizar los cálculos posteriores de las valoraciones de los desempeños de cada criterio de evaluación, y para automatizar también la asignación de trabajos a coevaluar.

Sin embargo no hay que perder de vista que la herramienta ha de estar al servicio de una metodología adecuada. Para que la coevaluación sea efectiva requiere de una buena

planificación y gestión posterior, con la intervención del docente no sólo en el diseño de las rúbricas o criterios de evaluación sino también para proporcionar modelos de buenas tareas o ejemplos de errores, y también para revisar las valoraciones de los alumnos y controlar la decisión final con la finalidad de limitar la posible subjetividad de los alumnos por amiguismo o por su falta de experiencia. Además se hace necesario explicar a los alumnos los beneficios que conlleva la coevaluación para que no lo vean meramente como una sobrecarga de trabajo o incluso como una liberación de la labor del profesor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto TIN2013-46928-C3-2-R.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Keppell, M., E. Au, A. Ma, A. and C. CHAN, "Peer learning and learning-oriented assessment in technology-enhanced environments. Assessment & Evaluation in Higher Education", 31(4), pp. 453-464, August 2006.
- [2] M. S. Ibarra, G. Rodríguez and M.A. Gómez, "La evaluación entre iguales: beneficios y estrategias para su práctica en la universidad," in Revista de Educación, vol. 359, pp. 181-202, 2012.
- [3] A. Bretones, "Participación del alumnado de Educación Superior en su evaluación," in Revista de Educación, vol. 347, pp. 181-202, 2008.
- [4] J.A. Marín, "Los alumnos y los profesores como evaluadores. Aplicación a la calificación de presentaciones orales," in Revista Española de Pedagogía, vol. 242, pp. 79-98, 2009.
- [5] B. Bonnie, "Rúbrica para elaborar rúbricas," in eduteka [http://www.eduteka.org/articulos/rubrica2], April 2013.
- [6] J. Feliu, "CoRubrics, una plantilla para evaluar con rúbricas," in Tecnocentres, January 2014 [http://tecnocentres.org/es/corubrics-una-plantilla-para-evaluar-con-rubricas/].
- [7] J. Feliu, "Nueva versión de CoRubrics GAFFE, la 2.0.," in Tecnocentres, July 2015 [http://tecnocentres.org/es/nueva-version-de-corubrics-gafela-2-0/].
- [8] "Rubistar" [http://rubistar.4teachers.or].
- [9] "Rúbricas" [https://docs.moodle.org/all/es/R%C3%BAbricas].
- [10] A. Pérez, V.I. Marín, A. Darder, "Utilización del módulo Taller para una actividad de co-evaluación en los estudios de Grado en Educación Primaria", Moddemoot 2015, unpublished.
- [11] J.L. Pastrana, "Uso de la Herramienta Taller de Moodle para la corrección entre alumnos en la asignatura de Informática del Grado de Biología.", IV Congreso Internacional de Docencia Universitaria CINDU 2015 [http://hdl.handle.net/10630/9633].
- [12] F. Arcos et al., "La autoevaluación y la evaluación por pares en el taller de Moodle como parte del blended learning o aprendizaje mixto", VII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria, 2010 [http://hdl.handle.net/10045/19881].
- [13] L. del Val, M.I. Puente, A. Izquierdo, J.J. Villacorta, M. Raboso, "Uso de la herramienta Taller de Moodle para la mejora de resultados académicos en una asignatura de Ingeniería de Telecomunicación", en Libro de actas de las I Jornadas Internacionales de Innovación Docente Universitaria en Entornos de Aprendizaje Enriquecidos, 2012 [http://congresos.uned.es/w5400/archivos_publicos/qweb_paginas/5266/libroactasiduaeuned.pdf].

Sistema para la Modulación de Enchapes de Pisos

System for Floor's Modulation

Jaime Alberto Echeverri Arias, Juan Camilo Aldana
Barrera, Universidad de Medellín, Facultad de
Ingenierías, Medellín, Colombia
jaecheverri@udem.edu.co

William David Velasquez. Creativos Digitales.,
Medellín, Colombia.
wvelasquez@creativodigitales.co

Resumen - Los sistemas de construcción tradicionales y la gestión de los mismos generan altos volúmenes de desperdicios, a su vez la disposición final de estos residuos es un problema latente y de gran impacto ambiental. El desarrollo e implementación de sistemas de información que permitan guiar procesos constructivos y disminuir los volúmenes de materiales de desecho es una necesidad. En aras de desafiar las metodologías tradicionales utilizadas en sistemas de construcción y promover el uso de herramientas innovadoras, que permitan gestionar los sistemas constructivos desde la perspectiva de la disminución de los residuos de construcción. Este artículo presenta un sistema automático que calcula los planos de modulado de materiales para recubrimiento de pisos y optimiza el material utilizado en el recubrimiento de éstos. Adicionalmente genera los planos de modulación de cada una de las piezas que requieren de cortes, las dimensiones y su ubicación en las áreas definidas por los profesionales en las obras.

Palabras Clave: Modulado de materiales, sistemas CAD, arquitectura MVC.

Abstract - Traditional building system generate high volumes of waste, the final disposal of these wastes is a latent, high-impact problem environment. The development and implementation of information systems in order to guide construction processes and reduce the volumes of waste material is a felt need today. In order to challenge traditional methodologies used in building systems and promoting technological innovations use with tools enabling management of building systems from the perspective of the reduction of construction waste. This paper presents an automatic system that calculates the modulated planes of materials for floor coverings and optimizes the material used in the coating of the same, further facilitates the generation of modulation levels of each of the pieces that require cuts, size and location in the areas defined by engineers and architects inside of construction buildings.

Keywords: CAD Systems, MVC Architecture, Modulated materials, construction and demolition waste, waste management.

I. INTRODUCTION

A fin de preservar el medio ambiente y garantizar el crecimiento económico, se ha desarrollado un gran número de iniciativas y regulaciones ambientales [1]. Muchas estrategias con potencial para reducir la contaminación a causa de los residuos han sido propuestas, las que van desde la reducción

de los residuos en la fuente, pasando por la reutilización y el reciclaje de los residuos, hasta la disposición final de los residuos en los botaderos[2]. Se ha abordado el tema de los residuos desde diferentes aristas, por lo que se reconocen diferentes áreas de investigación en el tema. Por ejemplo, Osmani et al. [3]. Han agrupado la investigación desarrollada en el campo de la gestión de residuos en once clúster todos relacionados con la disminución de residuos en obra.

Reducir los residuos a través de varios métodos ha recibido un interés creciente de investigación en las últimas dos décadas, y algunos esfuerzos de investigación se han hecho a través de encuestas, modelos descriptivos y despliegue de modelos matemáticos y tecnologías de información [4].

Recientemente, a la gestión de residuos se le está dando atención debido al crecimiento rápido y no regulado de los lugares para la disposición de estos residuos en áreas no designadas, y reciclar está siendo promocionado como una estrategia para gestionar los residuos [5].

Autores como [6], [7], mencionan que la jerarquía en la gestión de residuos es evitar, reducir, reutilizar y reciclar materiales. Por otra parte Keys en [8], proponen otra jerarquía incluyendo los siguientes componentes adicionales a la anterior: desarrollo sustentable, prevención, reutilización en obra, recuperación en obra, reutilización fuera de obra, recuperación fuera de obra y botaderos. [9]) reportan otra clasificación: reducir, reutilizar, reciclar, compostaje, incinerar y botaderos. Y, finalmente [10] proponen que la jerarquía de la gestión de residuos, de menor a mayor impacto ambiental, es: reducir, reutilizar, reciclar y disposición.

La mayoría de las tres prioridades en la administración jerárquica de residuos (reducir, reutilizar y reciclar) son conocidas como los principios de la administración de residuos "3Rs", que clasifican las estrategias de administración de residuos de acuerdo a su conveniencia. El equilibrio entre los tres dependerá de la naturaleza de los materiales de desperdicio, los requisitos legales para materiales específicos y la rentabilidad de cada opción. El costo, a su vez, dependerá de la disponibilidad de la

reutilización y el reciclaje y de las oportunidades para la reutilización en un proyecto específico [11]. Dado el alto nivel de competitividad en el mercado nacional e internacional, las compañías de construcción necesitan reducir tiempos de diseño e inversión en tiempo y dinero para el transporte y disposición de los residuos sólidos generados en los proyectos. Diferentes plataformas computacionales han mostrado impactos importantes en temas relacionados con la optimización y mejoramiento de procesos, se reconocen herramientas poderosas para todo tipo de industria en las labores de diseño asistido por computador y se han abordado algunas técnicas para disminuir la cantidad de material sólido proveniente de la construcción [9].

La posibilidad de contar con herramientas tecnológicas que disminuyan los volúmenes de material de desperdicio en las obras es una necesidad sentida. Entre las ventajas más destacadas por el uso de este tipo de tecnologías encontramos: reducción de impuestos por pago en botaderos, disminución de los costos de construcción, aumento de la competitividad, disminución de costos por transporte, disminución en tiempo de operaciones en construcción, disminución por costos de almacenaje, adicionalmente los aspectos relacionados con el impacto ambiental son notorios [4] [5].

Firmas del sector de la construcción, universidades y entidades que promueven la investigación y la innovación en Latinoamérica y específicamente en Colombia, han incursionado desde hace varias décadas en el diseño de sistemas automáticos que permitan gestionar las diferentes formas para el corte y la modulación de materiales usados en la construcción con la finalidad de optimizar su utilización. Estos sistemas tienen como propósito proporcionar métodos apoyados por sistemas CAD (Computer Aided Design) para complementar los planos arquitectónicos y estructurales empleados en el mundo de la construcción, y entregar al personal especializado sistemas eficientes que mejoren los tiempos de obra, sin reprocesos y sin producción de residuos en los espacios donde se realizan los diferentes enchapes en las distintas zonas de las viviendas.

En este trabajo se presentan el diseño y la implementación de un sistema automático, para la modulación de materiales, utilizado en el recubrimiento de pisos. El sistema implementado permite la cuantificación de los materiales por espacios, la entrega de planos detallados de cada una de las piezas utilizadas en el proceso, su etiquetación y respectiva ubicación en cada una de las zonas.

El artículo está organizado de la siguiente forma, en la sección II se presenta una breve descripción del diseño del sistema implementado, en la sección III se presenta la arquitectura del sistema diseñado, las capas componentes y su interacción. En la sección IV se especifican detalles de la implementación del sistema, diseño estructural utilizado para la modulación de materiales para el recubrimiento de pisos, en la sección V se describen los detalles de la validación y pruebas del sistema,

los resultados obtenidos de la implementación del sistema y se hace una breve discusión de la interpretación que estos pueden tener en el ámbito de la construcción, y en la sección VI se presentan las conclusiones y el trabajo futuro.

II. DISEÑO DEL SISTEMA DE MODULACIÓN DE MATERIALES PARA ENCHAPES DE PISOS

Se realizó un desarrollo tecnológico validado con casos de estudio. La primera fase estuvo dirigida a la investigación relacionada con el análisis de los principales referentes teóricos sobre metodologías de modulación automática en el campo de la construcción de obras civiles con diferentes materiales de construcción, entre los principales temas, se abordaron: cerámicos para pisos, modulación para mampostería y finalmente modulación con materiales para recubrimiento de cielos con placas de yeso cartón. En una fase posterior se analizaron las variables requeridas en los procesos de modulación de cerámicos para cubrimiento de áreas para pisos. El diseño para modulación automática de materiales para cubrimiento de pisos permite que se pueda configurar las piezas necesarias en pocos y rápidos movimientos.

Una vez definidas las áreas de las viviendas a modular, las que sirven como variables de entrada al proceso de modulación, en unión con las dimensiones (largo x ancho) de los cerámicos a utilizar y las juntas de separación entre piezas como se muestra en la Fig. 1. Los algoritmos implementados se encargan de la entrega de reportes con información referente a: número de piezas completas a utilizar para el cubrimiento de las áreas, detalles de los cortes en cada pieza mutilada, especificación de dimensiones detalladas de cada una y la disposición final (ubicación) de estas en el área indicada.

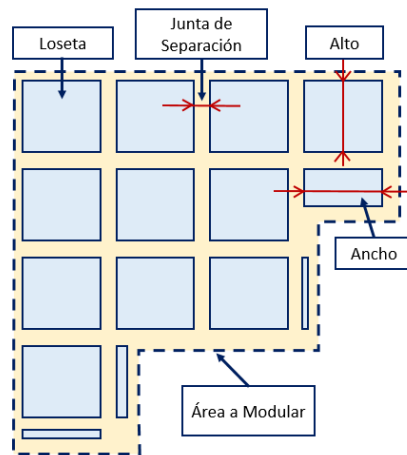


Figura 1. Área a modular, juntas de separación y especificaciones de losetas.

La Fig. 1 Muestra el proceso elaborado para la modulación de materiales cerámicos para recubrimiento de piso. Después de seleccionar cada una de las áreas especificadas de las viviendas (Ver Fig. 2). El sistema solicita las dimensiones de

las juntas, se encarga de entregar los reportes del sistema. En el centro de Fig. 2 se puede observar el plano entregado por la empresa de construcción ConConcreto.

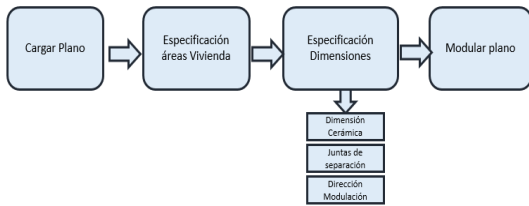


Figura 2. Proceso modulación pisos

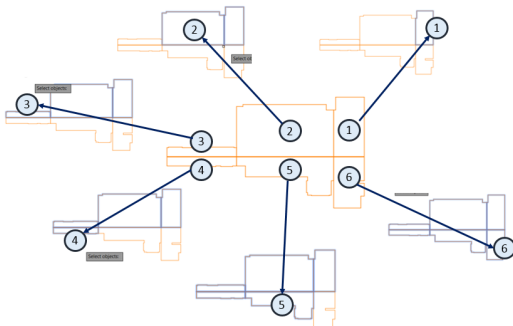


Figura 3. Especificación de áreas a modular

Por medio de la interfaz (Fig. 4) el personal de la obra debe especificar las dimensiones de la cerámica (base y altura), también las dimensiones de la junta de separación entre piezas, igualmente debe especificar la dirección de modulación. Para la dirección de modulación el sistema dispone de un conjunto de cuatro radio botones que se activan automáticamente de acuerdo a las dimensiones donde es factible ejecutar los procesos de modulación (Fig. 4). El proceso se repite hasta completar el número de áreas a modular dentro de la vivienda.

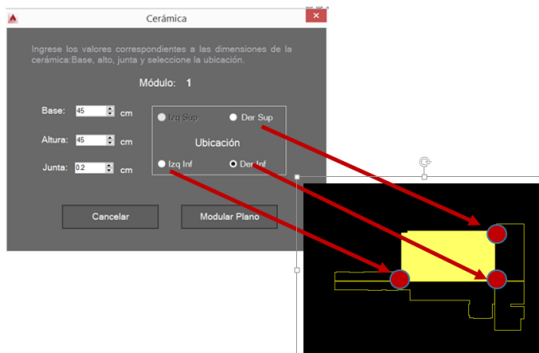


Figura 4. Especificación parámetros de modulación

La dirección de modulación para cada área queda especificada automáticamente por el sistema, tal como se observa en las flechas en cada una de las áreas etiquetadas (Fig. 5).

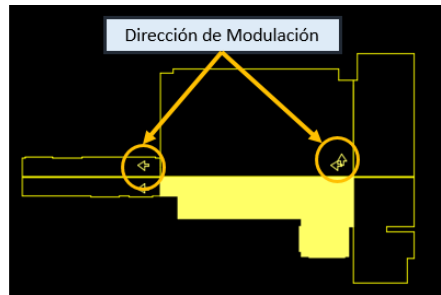


Figura 5. Dirección de modulación.

Una vez se cubren todas las áreas y quedan completamente especificados los parámetros, el sistema se encarga de entregar la modulación completa del plano (ver Fig. 5).

El siguiente proceso el sistema se encarga de seleccionar cada área especificada. La flexibilidad del método permite reaccionar rápidamente ante posibles cambios en el diseño de las áreas de las casas o apartamentos (departamentos) a cubrir con estos materiales.

Los métodos algorítmicos diseñados e implementados dan alta precisión en el modelado de las modulaciones de áreas especificadas, de acuerdo a las restricciones arquitectónicas y estructurales indicadas en cada uno de los planos. Permitiendo que el personal encargado del enchape de pisos tenga claros los detalles y que este proceso se realice de manera precisa y eficiente, disminuyendo tiempos de labor, material y disposición de materiales y equipos para la ejecución de estas labores.

III. ARQUITECTURA DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

El patrón de diseño utilizado en el desarrollo del sistema para la modulación de materiales de construcción fue el reconocido Modelo-Vista-Controlador tomado como la base arquitectónica del sistema. En este trabajo se muestra como este modelo arquitectónico se usó en la implementación del sistema que integra las tecnologías CAD y las ventajas y propiedades que ofrece el paradigma de orientación a Objetos para el diseño de un conjunto de Tipos Abstractos de Datos que facilitaron las tareas de análisis, diseño, implementación y ejecución de pruebas en tareas relacionadas con los sistemas de enchapes de pisos.

Para el caso presente se dispuso de los archivos almacenados en las bases de datos correspondientes a los planos de construcción de apartamentos en edificios ubicados en la

ciudad de Medellín, lo que garantiza la persistencia de la información.

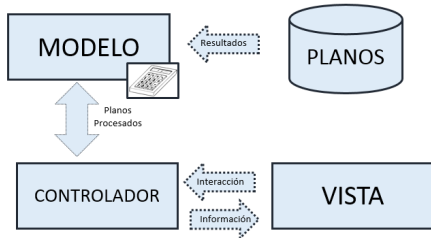


Figura 6 .Modelo arquitectónico definido

El Controlador corresponde a un conjunto de clases y librerías encargadas de examinar posibles fallos, también de atender a las posibles peticiones sobre cada uno de los planos almacenados en el sistema y de enviar información a los diversos formularios (vistas) definidos, para que ésta pueda ser analizada por el usuario de la aplicación. La vista recibe información del controlador y los presenta por medio de los planos al usuario, con el fin de comprender de mejor manera la modulación de los materiales empleados y pueda interactuar adecuadamente. Por su parte el modelo está encargado de obtener y procesar la información de los planos, y dar respuesta al controlador cuando esta sea solicitada, las fuentes de datos son los planos en AutoCAD cargados al sistema. El principal objetivo de este diseño multicapa se debe a la separación y organización, filtrado y agregación entre elementos, y la posibilidad de ejecutar los cálculos necesarios que se requieren del sistema [12], [13]. Esta configuración de componentes facilita el trabajo con módulos separados de tamaño reducido, que pueden ser testeados de una manera eficiente. Aspectos relacionados con la configuración se simplifican para fases de procesamiento de datos.

La siguiente imagen representa la interacción entre la herramienta CAD con la herramienta de desarrollo.

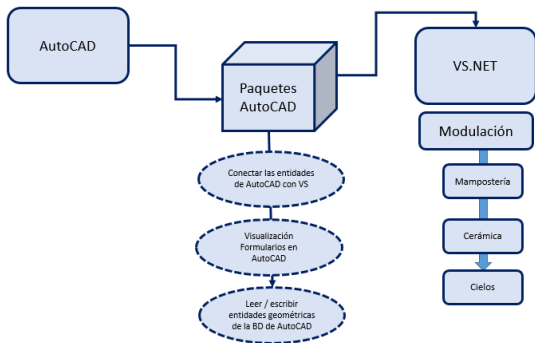


Figura 7. Interacción entre AutoCAD y Visual Studio

Como se aprecia en la Fig. 7, desde AutoCAD el sistema referencia un conjunto de paquetes que facilitan el manejo de

las entidades que representan los objetos visuales en cada uno de los planos, permitiendo la visualización y la posibilidad de ingresar o enviar información por medio de la integración de estas plataformas.

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Para la implementación del sistema fue necesaria la separación de la funcionalidad en varias clases, la primera de ellas se denominó Pieza, esta superclase derivó la clase especializada Pieza cerámica, en esta clase la funcionalidad estuvo determinada por los métodos: dibujar cerámica, calcular cantidad, modular área, obtener Intersecciones, exportar escenario, y establecer cortes, todos estos métodos permiten la especificación precisa de los cortes de las losetas y el dimensionado. Aunque en el Fig. 2 no se muestra, se implementaron también las clases para la modulación en mampostería (ladrillos) y modulación de placas de yeso cartón para cubrimiento de techos. También derivó de esta superclase, la clase acotado cuya funcionalidad estuvo relacionada con el dimensionado automático de cada una de las piezas.

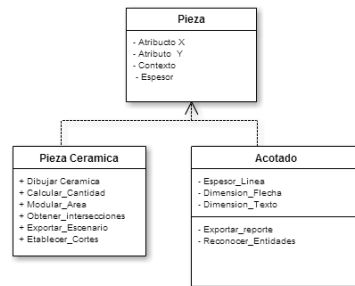


Figura 8. Flujo de datos en la arquitectura

La Fig. 9, Muestra como fluye la información en sistema implementado.

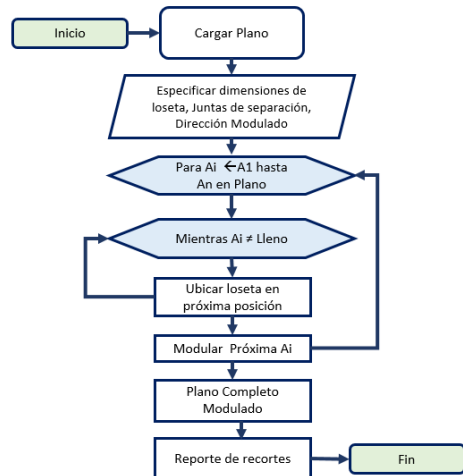


Figura 9. Flujo de información

V. VALIDACIÓN Y PRUEBAS

Las pruebas del prototipo implementado se realizaron en dos obras de la empresa constructora ConConcreto, en la ciudad de Medellín (Colombia) durante el segundo semestre del año 2015. A saber fueron: Finito y Entreparkes. Se realizaron ajustes al prototipo, referentes a la disposición de entidades requeridas por los algoritmos.

Para la obtención de los resultados se analizaron diferentes planos correspondientes al diseño de diversas viviendas, los cuales se constituyen de un conjunto de áreas, las cuales están divididas según restricciones arquitectónicas y/o estructurales reflejadas en cada uno de los planos.

Una vez ingresados los parámetros es posible determinar: (a) el corte de cada una de las piezas (losetas), (b) el número de piezas completas, (c) el número de piezas con un corte específico y (d) sus etiquetas. La Fig. 10 presenta la secuencia utilizada en el proceso. El sistema determina la modulación de cada una de las áreas especificadas con entidades de AutoCAD.

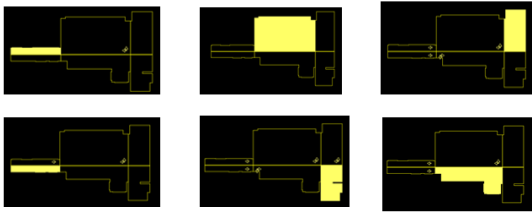


Figura 10. Determinación de áreas a modular.

Una vez definidos los parámetros de modulación los algoritmos diseñados entregan la modulación completa de pisos en una vivienda particular.

La Fig. 11, presenta los detalles de la modulación de un área específica, etiquetando las diferentes piezas con letras del alfabeto en orden creciente. Nótese que el sistema utiliza diferentes colores para mostrar las diferencias entidades en el plano y detalla también piezas completas, recortes y direcciones de modulación.



Figura 11. Plano de vivienda modulada

La Fig. 12. Muestra algunas imágenes correspondientes a la implementación del software en un proyecto real de construcción, se detalla en la imagen como a partir del plano modulado de una vivienda el personal de obra puede ejecutar por medio de guías el modulado de los materiales para cubrimiento de pisos.

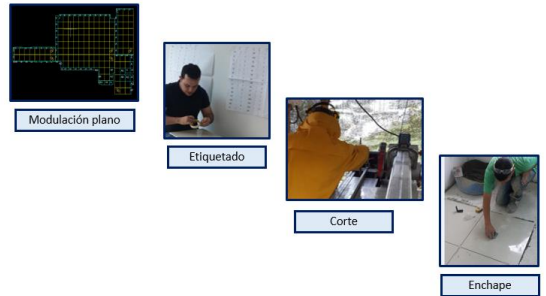
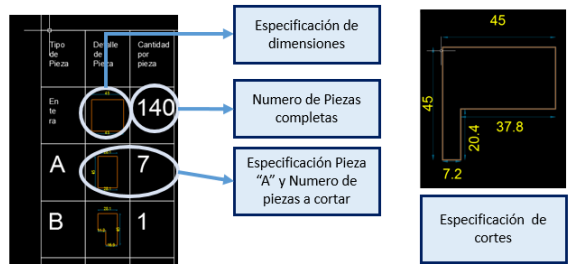


Figura 12. Evidencias de uso del Sistema implementado

En la Fig. 13. Se presentan los detalles de los reportes de los cortes de material y el dimensionado automático a partir de los algoritmos implementados generado por el sistema desarrollado.



La tabla siguiente resume los beneficios de la implementación del sistema para la modulación de materiales para el recubrimiento de pisos.

V. RESULTADOS

En la Tabla 1, se presentan los resultados de los cálculos de ahorro por apartamento que se obtienen por medio de la utilización del sistema (piso en España), el total por torre, el costo directo por material de enchape y el ahorro por metro cuadrado.

Tabla 1. Ahorro económico por implementación del sistema en las obras de construcción.

Ítem	Ahorrado/Aparto (\$)	Total (Torre3) (\$)	%/ Costo directo de Enchape	%/ Costo directo de torre 3	Ahorro (\$)/m2 de Enchape
Mano de Obra	27,033	2,270,770	0.387%	0.015%	\$ 590
Material	18,752	1,575,206	0.268%	0.011%	\$ 409

Equipos	309	26,030	0.004%	0.00018 %	\$ 6
Transporte	192	16,145	0.003%	0.00011 %	\$ 4
TOTAL	46,288	3,888,150	0.662%	0.026%	\$ 1,009

Nota: las unidades están en pesos Colombianos.

La implementación del sistema automática para la modulación de materiales en una obra de construcción,

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El S.I ha sido validado en varios proyectos de construcción de la empresa ConConcreto ubicada en la ciudad de Medellín (Colombia), empresa que realiza proyectos de investigación con la Universidad de Medellín desde hace varios años. Lo anterior ha permitido validar tanto la precisión de los métodos empleados en obras de construcción para calcular el número de piezas, su configuración de acuerdo a los cortes entregados por los algoritmos implementados y la disposición de cada una de ellas sobre las áreas de los apartamentos (pisos)

La utilización de sistemas de información integrados con sistemas CAD ha permitido disminuir los volúmenes de los materiales de desperdicio generados en obras de construcción y permiten a personal de las obras disponer de herramientas precisas para el enchapado de pisos y paredes de manera precisa.

La implementación de las arquitecturas propuesta en este trabajo ha permitido comprender el proceso por el cual deben pasar los datos integrados en planos de construcción para la generación de las simulaciones y la ventaja de requerir un menor acople entre componentes en cuanto a la entrada y salida de datos. La arquitectura definida brinda al sistema escalabilidad y capacidad de expansión, facilidad de configuración de acuerdo a las necesidades de las entidades que utilizan la herramienta. La división entre la lógica del negocio y el diseño hace que el código sea fácilmente escalable.

El uso de Plataformas digitales permite planear de mejor manera las cantidades de materiales desechados en obras, ayuda a la ejecución de labores por medio de procedimientos predefinidos por las herramientas y permite la reducción de costos.

Actualmente el grupo de investigadores avanza en el desarrollo de una suite completa para la modulación de materiales utilizados en mampostería, pisos y cielos falsos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad de Medellín, a la corporación Ruta N y la empresa constructora ConConcreto por el apoyo concedido en el proyecto de investigación adscrito a los programas de Ingeniería civil e Ingeniería de Sistemas de la Universidad de

Medellín, por el patrocinio económico brindado en la ejecución del proyecto de innovación.

REFERENCIAS

- [1] J. M. M. M. & R. A. Solís-Guzmán, "ARTICULO civil CISTI 19-02-2016 1006," *A Spanish Model Quantif. Manag. Constr. waste*, vol. 29, no. 9, pp. 2542–2548, 2009.
- [2] H. S. L. H. J. J. & L. W. Yuan, *A model for cost-benefit analysis of construction and demolition waste management throughout the waste chain*. 2010.
- [3] M. G. J. & P. A. Osmani, "Architects' perspectives on construction waste reduction by design," *Waste Manag.*, vol. 28, no. 7, pp. 1147–1158, 2007.
- [4] H. U. Asuncion, A. U. Asuncion, and R. N. Taylor, "Software traceability with topic modeling," *Proc. 32nd ACM/IEEE Int. Conf. Softw. Eng. ICSE 10*, p. 95, 2010.
- [5] M. Trankler, J., Walker, I., Dohman, "Environmental impact of demolition waste- an overview on 10 years of research and experience," *J. Waste Manag.*, vol. 16, pp. 21–26, 1996.
- [6] J. Deng, X., Liu, G., & Hao, "A study of construction and demolition waste management in Hong Kong," *Int. Conf. Wirel. Commun. Netw. Mob. Comput. WiCOM 2008*, pp. 1–4, 2008.
- [7] V. W. Y. Shen, L.Y. & Tam, "Implementation of environmental management in the Hong Kong construction industry," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 20, pp. 535–543, 2002.
- [8] S. Keys, A., Baldwin, A., & Austin, "Designing to encourage waste minimization in the construction industry," *Proceedings of CIBSE National Conference Dublin 2000*, 2000. [Online]. Available: http://www.cibse.org/pdfs/Construction_waste_minim.pdf.
- [9] C. Peng, C.L., Scorpio, D.E., Kibert, "Strategies for successful construction and demolition waste recycling operations," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 15, pp. 49–58, 1997.
- [10] L. Yuan, H. & Shen, "Trend of the research on construction and demolition waste management," *Waste Manag.*, vol. 31, pp. 670–679, 2011.
- [11] M. Teo, M.M.M. & Loosemore, "A theory of waste behavior in the construction industry," *Constr. Manag. Econ.*, vol. 9, no. 7, pp. 741–751, 2010.
- [12] L. Chun, L., Yanhua, W., Hanhong, "A Novel Web Application Frame Developed by MVC," *Softw. Eng. Notes*, vol. 28, no. 2, 2003.
- [13] D. Esposito, *Programming Microsoft ASP.NET MVC*, 2010.

MinaAcces: Sistema de información de control de acceso en centro minero

MinaAcces: Information System for access control in mining center

Diana Janeth Lancheros-Cuesta
 Universidad de La Salle
 Bogotá, Colombia
 dilancheros@unisalle.edu.co

Laura Gómez
 Universidad de La Salle
 Bogotá, Colombia

Jenifer Gonzáles
 Universidad de La Salle
 Bogotá, Colombia

Resumen — Las condiciones tecnológicas y de infraestructura de las minas en Colombia no cumplen con las normas, propiciando eventos que ponen en riesgo la vida de los mineros. El presente artículo muestra el diseño e implementación de un sistema de información para el control de acceso y manejo de información prioritaria en un centro de explotación minero. El sistema desarrollado permite llevar un control del acceso de los mineros, con alarmas que alertan de posibles personas atrapadas en las minas. El software tiene dos aplicaciones (Web y Windows) diseñado en Visual Studio y la base de datos en Microsoft SQL server, que interactúan con la parte Hardware, conformado de dispositivos RFID para la identificación del personal, módulos XBee para la transmisión remota y controladores arduino. El sistema se diseñó para la compañía minera Colombo Americana de Carbón con el fin de automatizar el manejo de información y el proceso de control de acceso en sus instalaciones.

Palabras clave— Base de datos, Control de acceso, Interfaz, Identificación Personal, Sistema de información, RFID, XBee.

Abstract - *Technological infrastructure and mines in Colombia conditions do not meet the standards, promoting events that endanger the lives of miners. This paper presents the design and implementation of an information system for access control and management of priority information in a central mining exploitation. The developed system allows to control the access of the miners, with alarms that warn of possible people trapped in the mines. The software has two applications (Web and Windows) designed in Visual Studio and the database in Microsoft SQL server, which interact with the hardware part, consisting of RFID devices for personnel identification, XBee modules for remote transmission and drivers arduino . The system was designed for the American mining company Coal Colombo in order to automate information management and process control access on its premises.*

Keywords— Database, Access Control, Interface, Personal Identification Information System, RFID, XBee

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la forma en que operan las organizaciones ha sido modificada por la implementación de los Sistemas de Información (SI) y las Tecnologías de Información (TI), ya que a través de su implementación logran mejoras al automatizar los procesos operativos, apoyar a los directivos para la toma de decisiones y aumentar las ventajas competitivas.[1] La compañía minera Colombo Americana de Carbón SA ubicada en Guachetá-Cundinamarca en Colombia, en búsqueda cumplir con la normatividad vigente y aumentar su competitividad y estructura empresarial, realiza inversiones anuales en procesos de automatización. En el marco de un proyecto de investigación se diseñó una solución informática que permita centralizar el manejo de información prioritaria para la empresa, teniendo como impacto la reducción de fallas evidenciadas en los procesos de registros, accesos y permanencia en el centro minero.

El presente artículo muestra el diseño e implementación de un sistema de información conformado por una aplicación web y la adquisición y procesamiento de información a través de elementos de hardware; En el desarrollo del sistema se tuvieron en cuenta requerimientos identificados en la mina y la integración de varias tecnologías no usadas con frecuencia en el sector minero, dando la oportunidad de cambio para mejorar en un entorno industrial, entre ellas:

- Tecnología *RFID* (lectores y tarjetas), permite la lectura de tarjetas de identificación de usuarios por radiofrecuencia.
- Comunicación a distancia / remota, a través de módulos *XBee*.
- Una interfaz gráfica distribuida en 2 aplicaciones. (aplicación Web y aplicación Windows)

Para el desarrollo se tuvo en cuenta una metodología por etapas para el diseño y la selección de los dispositivos

Hardware; en la etapa inicial se realizó el levantamiento de los requerimientos, la definición de metas/objetivos y la identificación del marco teórico. Seguido a ello esta la etapa de diseño de Software a partir de una arquitectura definida y la evaluación/selección de dispositivos Hardware; a continuación se realiza la integración S/H y validación del sistema de información, finalizando con los ajustes adecuados según las pruebas y la etapa de conclusión del proyecto.

II. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

Al estructurar cada uno de los requerimientos del proyecto, identificar el entorno de aplicación y las necesidades del usuario se realiza el estudio, el diseño y la ejecución del sistema de información.



Figura 1. Arquitectura del sistema de información

La Figura 1 muestra el sistema de información, el cual se divide en 2 soluciones (*Web* y *Windows*) con distintos entornos de visualización que se relacionan a través de la base de datos. La primera aplicación *Windows* permite acceder en los puntos en que sea ejecutada y es la encargada del manejo de puertos del computador y los registros de la base de datos. La segunda es una aplicación *Web* a la cual se podrá acceder en cualquier punto con acceso a internet y permite la visualización y el manejo de la información de la base de datos. Para la parte de hardware se tendrán 3 puntos específicos en el centro minero en los cuales se tendrá la interacción del usuario, hardware y software. La solución para cada punto se explica a continuación.

A. PORTERIA

Allí se utilizan las tarjetas RFID para la identificación del personal, cada vez que el lector reconoce un paso de una tarjeta el arduino traduce la información y la envía al computador. Al realizar el reconocimiento por pantalla se solicita el ingreso del resultado de la prueba de alcoholemia (prueba que se realiza para determinar si hay alcohol en el cuerpo del minero) y al confirmar la respuesta se genera un aviso en pantalla del nombre y el cumplimiento al turno. Si la persona tiene un turno asignado y la hora de ingreso es después de un horario establecido genera automáticamente el reporte de la llegada tarde. La Figura 2 muestra los principales

componentes del sistema.

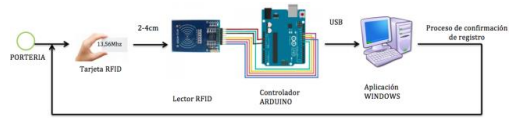


Figura 2. Componentes del sistema de información

B. BOCAMINAS



En cada bocamina se coloca un lector para entrada y un lector para salida, el usuario pasa la tarjeta por el lector, que se encarga de leer el número de la tarjeta, traducirlo a través del controlador arduino y enviarlo a un ordenador localizado en el sector de oficinas a través del módulo XBee.

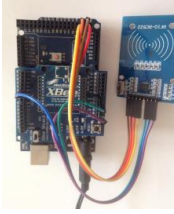

C. OFICINAS

Los datos de la bocamina se reciben instantáneamente, en el ordenador encargado de recibir los datos a través del puerto serie por las XBee maestras, se asocian los datos de fecha, hora y mina, y se diferencia si es ingreso o salida a través del puerto por el que recibe. Existe un puerto para ingresos y uno para salidas, pero en la base de datos se almacenan en una única tabla. Es necesario para ello tener un shield o conector de tipo USB, que permita la conexión de los módulos XBee al computador.

A continuación la tabla 1 muestra los elementos del sistema, su función y el software de programación.

Tabla 1. Elementos integrados al sistema.

ELEMENTOS DE HARDWARE	FUNCIÓN Y RELACIÓN CON APLICACIÓN	SOFTWARE PARA PROGRAMACIÓN
Computador – Controlador Arduino Mega – lector RFID RC522 	INTERACCION: APLICACIÓN WINDOWS Registro de entrada y salida del centro minero. Identifica el personal mostrando en pantalla el nombre y el registro realizado con fecha y hora. Despliega la opción de registro para la prueba de alcoholemia. -Se establece la necesidad de colocar un punto de ingreso y un punto de salida	1. Código en arduino para la lectura de tarjeta y envío por puerto serial. 2. Código en SQLServer para guardar los datos de registro e identificar al personal. 3. Código Visual Studio y SQLServer (almacenamiento de datos) 4. Código de Visual Studio para visualización en pantalla de los datos adquiridos por el lector
Computador-Módulo XBEE (maestro)-Shield de comunicación USB 	APLICACIÓN WINDOWS Recibe con la XBEE conectada por el shield USB a través del puerto serie la información de las XBEE de los	1. Configuración XBEE como receptor de información. 2. Código Visual Studio y SQLServer para almacenamiento de datos. 3. Código en Visual

UBICACIÓN Recepción de información de Bocaminas. - se establece una XBee maestra para ingresos y otra XBee para salidas.	puestos remotos y realiza los registros en la base de datos. Permite visualización al instante a través de la aplicación Windows y descargas de información por la aplicación web.	Studio para visualización de datos.
Controlador Arduino – Lector RFID RC522- Módulo XBee (esclavo)- shield arduino para XBee 	NO REQUIERE DE APLICACIÓN EN EL PUNTO Captura los datos en el lugar remoto y transmite la información al XBEE maestro. -es necesario establecer un punto para ingreso y otro para salida en cada una de las bocaminas.	1. Código arduino para lectura de tarjetas y envío por puerto serial (XBEE). 2. Configuración XBEE como esclavo. UBICACIÓN Bocaminas.
Computador (administrador) – Controlador arduino – Lector RFID RC522 	APLICACIÓN WINDOWS A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN se solicita el número que desea escribir en la tarjeta. Se envía a través del puerto serie y el lector se encarga de escribirlo en el bloque 4 de la tarjeta. Se especifica que deben ser 10 números.	1. Código en arduino para escritura de tarjetas a través de puerto serial. 2. Código de Visual Studio para la comunicación con el usuario. LABOR Asignación de tarjetas.

III. ESPECIFICACIONES

En el desarrollo del sistema de información se requiere el diseño de una red inalámbrica para la comunicación entre las bocaminas y el sector de oficinas donde se realiza la recepción de datos. De acuerdo a los requerimientos de la red se selecciona la topología estrella, ya que es necesario un único punto de recepción de datos (oficinas) de varias estaciones de transmisión (las bocaminas).

Para este prototipo se realizan las pruebas con módulos XBee de la serie 1, pero si se realizara la implementación del sistema en el centro de explotación es necesario módulos con el mismo protocolo Zigbee pero con un mayor alcance de transmisión de datos, son los módulos XBee PRO S3B. Ya que estos módulos regulares se quedan cortos para la aplicación en el entorno y las distancias entre bocaminas y el centro de control.

Con respecto a comunicación, la versión Pro S3B tiene hasta 2000 pies (610 m) en comunicaciones en entornos cerrados y zonas urbanas, hasta 9 millas (14 km) con una antena dipolo y hasta 28 millas (45 km) con antena de alta ganancia. [1]

Una de las etapas más importantes en el desarrollo del sistema de información es la determinación de la arquitectura de

software, ya que define de manera abstracta, los componentes que llevan a cabo alguna tarea de computación, sus interfaces y la comunicación entre ellos. La arquitectura escogida como solución es por capas, lo que permite tener independencia entre la presentación, la lógica de trabajo y la parte de datos, preestableciendo las entidades.

El sistema de información esta compuesto de una aplicación web y una aplicación Windows, a su vez cada aplicación esta compuesta por 3 capas (datos, entidades, negocio) y una interfaz visual; El diseño prototipo del sistema de información se realizó a través del software Visual Studio .Net 2013 en lenguaje C# y el manejo de información utilizando Microsoft SQL SERVER 2008 R2 como motor de base de datos relacionales.

En el mercado existen varios sistemas de acceso, dependiendo del tipo de elementos que emplean para la detección de personal; sistemas con clave, biométricos, con acceso por tarjetas con códigos de barras y los más innovadores los que emplean tecnología RFID. La desventaja de la mayoría de sistemas comerciales es que la única tarea que desarrollan es mecánica (activar o desactivar talanqueras, puertas, rodillos, etc.) más no de adquisición de datos, verificación y registro de información.

IV. VALIDACIÓN DEL SISTEMA

A continuación en la Figura 3 se muestran las fases del plan de pruebas seguido según aspectos presentados por Ian Sommerville quien sugiere las pruebas de componentes y las pruebas del sistema [2] y el Performance Testing Guidance for Web Applications [3], que establece los pasos para la realización de pruebas para aplicaciones web.

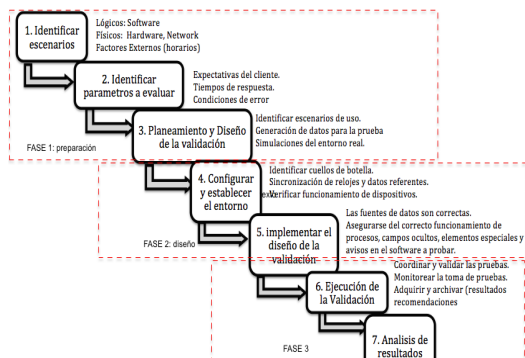


Figura 3. Plan de pruebas y validación.

Primero la preparación y selección de información determinante para las pruebas, segundo el diseño de las pruebas que se van a aplicar y como tercera fase la ejecución de dichas pruebas, las cuales se explican a continuación.

FASE 1: en esta fase se establece que son tres los escenarios a validar y se identifican los parámetros a evaluar.

ESCENARIO	ACTORES	PARAMETROS
1. Elementos de Software	<ul style="list-style-type: none"> - Aplicación Windows para el manejo de los dispositivos RFID. -Aplicación Web para la visualización y manejo de la información de la base de datos. -Base de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Correcta ejecución de las aplicaciones. - Correcta conexión y ejecución de los procedimientos almacenados con la base de datos. (consultar, registrar, modificar y eliminar) - Mismo lenguaje de datos en los registros de la base de datos y en la visualización para el usuario. - Envío de mensajes de error, avisos o guías de funcionamiento. - Manejo de campos especiales como contraseñas, menús desplegables y botones de tablas.
2. Elementos de Hardware	<ul style="list-style-type: none"> -Lectores RFID -Tarjetas RFID - Controlador Arduino -Módulos XBee -Puerto Serial 	<ul style="list-style-type: none"> - Correcto funcionamiento de dispositivos y sus respectivas programaciones (encender, apagar, lectura, envío de datos). - Correcta transmisión de datos remota entre la red de XBee. - Tarjetas con daños o que no permiten lecturas. - Comportamiento de Tarjetas Vs Llaveros RFID.
3. Factores Externos	<ul style="list-style-type: none"> - Interacción con usuarios - Satisfacción de los clientes - Reacción de aplicaciones a posibles errores. 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar el uso con varios usuarios con los siguientes perfiles: personas jóvenes, adultos, adultos mayores, con cargos administrativos y trabajadores. - Obtener retroalimentación de lo requerido por los directivos de la mina y el sistema de información diseñado. ¿Satisface las necesidades a subsanar?

FASE 2:

En esta fase se crea el modelo de las pruebas, que se van a aplicar al sistema denominado pruebas de componentes que tienen como objetivo encontrar defectos al evaluar etapas o partes (pueden ser funciones, objetos o componentes) del sistema en su comportamiento independiente; y están las pruebas del sistema, en las que dichas partes se integran para formar el sistema completo, el objetivo es establecer si el

sistema cumple/satisface los requerimientos tanto funcionales como no funcionales y no se comporta de forma inesperada. Es posible que los defectos o inconsistencias no identificadas en las pruebas de componentes se evidencien en las pruebas del sistema, lo que puede ser considerado como una segunda verificación de los componentes. Para mayor detalle se puede observar la Figura 4.

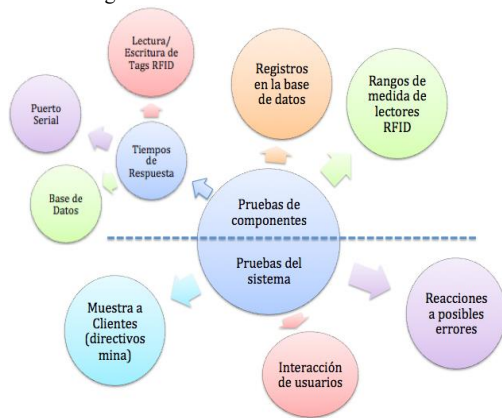


Figura 4. Pruebas de validación

FASE 3: en esta fase se realiza la ejecución de la validación del sistema, se coordinan, monitorean, ejecutan, y finalizan las pruebas con su respectiva adquisición y almacenamiento de resultados y recomendaciones dadas. A continuación se muestran los resultados:

- Se realizó una toma de 20 muestras aproximadamente para establecer el rango de operación óptimo y para asegurar la lectura de las etiquetas. Las pruebas fueron realizadas con 2 tipos de Tags RFID, unas etiquetas en tarjeta y unas de llavero. Se observó como los llaveros necesitaban más proximidad para una lectura correcta, las distancias diferían aproximadamente de medio centímetro con la medida de las tarjetas; también se observó que los llaveros no son la forma de presentación de las etiquetas más óptimas, ya que aunque teniendo la misma tecnología podían necesitar de dos o más pasadas para que se realizara la identificación.
- El rango de trabajo correcto que se establece para estas tarjetas y llaveros con el lector MFRC522 es la tarjeta pegada al lector que por la estructuras de las cajas contenedoras es de 0,5 cm a 3,5 cm para asegurar el 100% de las lecturas, y de hasta 4cm para el 75% de lecturas y de 5cm para asegurar un 30% de lecturas a un solo paso, resultados generalizados para la tarjeta.
- Existen 3 análisis importantes para poder desarrollar los resultados en cuanto a los tiempos de respuesta; primero debe establecerse la escritura y lectura del módulo RFID, seguido a ello tenemos el análisis de

los parámetros del puerto serial para recibir y enviar datos y por último la respuesta de la base de datos desarrollada en Microsoft SQL Server.

- Como motor para la base de datos se utiliza Microsoft SQL Server, para identificar la respuesta de interacción con el sistema lo más importante es la ejecución de los procedimientos almacenados. En la parte de las aplicaciones diseñadas como software, la conexión se establece una única vez en una clase y es llamada dependiendo al método que se requiera.
- Como resultado se establece que el uso de procedimientos almacenados es la mejor forma de desarrollar la interacción de la base de datos y las interfaces diseñadas. Ya que reduce el tráfico directo entre las interfaces y la base de datos, ya que en vez de enviar los códigos o sentencias SQL sin ejecutar, se llama en la interfaz la conexión al servidor y el nombre del procedimiento almacenado con el tratamiento a través de las capas diseñadas.
- Tiempos de escritura de tarjeta: estos tiempos fueron determinados a partir de los indicadores de luz que trae el arduino los Rx y Tx. Cada vez que el arduino recibía el dato de la cedula parpadeaba el Rx y al acercar la tarjeta y empezar el proceso de escritura se encendía el indicador Tx y luego de un tiempo se apagaba, estos son los tiempos medidos en la tabla iii. Es por ello que en la aplicación se decidió colocar en el mensaje de proceso que se dejara colocada la tarjeta aproximadamente 10 segundos, con ello se descarta la posibilidad de una escritura incompleta.
- El sistema fue mostrado a los directivos del centro minero como una posible solución a su problema de control de acceso y manejo de información prioritaria, el prototipo del sistema de información es presentado como una primera versión con opciones de cambio y ajustes para mejorar los procesos en función a una posible implementación real. La muestra se realizó mediante una videoconferencia en la cual se mostro paso a paso el funcionamiento del sistema.

V. CONCLUSIONES

El sistema fue mostrado a los directivos encargados del proceso de automatización de la mina, ellos establecen esta solución como un trabajo viable, innovador en el sector minero y de grandes alcances si se implementa desarrollando versiones más completas en función a sus recomendaciones.

El funcionamiento del sistema de información en cada uno de sus procesos fue eficiente; los tiempos de respuesta de los procesos demuestran como es un sistema rápido, la correcta lectura/escritura de tarjetas e identificación de usuarios otorga confiabilidad en el manejo de información y en cuanto a la base de datos el uso de procedimientos almacenados fue la mejor solución para la manipulación de información, ya que permiten el acceso y la ejecución de ellos a partir de varios programas externos con una única sentencia. Permitiendo reducir la complejidad y almacenamiento de códigos y programación redundante.

La tecnología RFID se selecciona al presentar ventajas para la identificación personal, frente a otras opciones de identificación usadas con mayor frecuencia. Como primera opción, la biometría para este caso era ineficiente ya que por el tipo de trabajo realizado en la mina los usuarios no cuentan con condiciones óptimas en huellas dactilares y salen muy sucios para reconocimiento de patrones faciales. Y como segunda opción, los códigos de barras se ven en desventaja, ya que el RFID no deposita su confianza en la alineación visual para detectar información; además la información codificada en los códigos de barras es invariante (fija), al contrario que algunas etiquetas RFID que pueden ser dinámicamente actualizadas. Proceso evidenciado al grabar las tarjetas con el número de cedula de los trabajadores.

En cuanto al entorno, las tarjetas o llaveros RFID protegen el circuito, por ende la vida útil de las etiquetas es mayor, contrarrestando la vida útil de los códigos de barras que están expuestos en las superficies y pueden ser alterados con facilidad.

REFERENCIAS

- [1] Digi Product . (Junio de 2013). *XBee Pro 900 S3B*. Recuperado el Julio de 2015, de sparkfun: <https://www.sparkfun.com/products/11634>
- [2] Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del Software* (6ª Edición ed.). Madrid, España: PEARSON EDUCACIÓN .
- [3] Meier, J., Farre, C., Bansode, P., Barber, S., & Rea, D. (septiembre de 2007). *Microsoft patterns & practices*. Recuperado el julio de 2015, de Microsoft: <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/bb924375.aspx>

Generating Big Data Repositories for Research in Medical Imaging

Tiago Marques Godinho, Carlos Costa, and José Luís Oliveira

DETI / IEETA – University of Aveiro

Aveiro, Portugal

<tmgodinho, carlos.costa, jlo>@ua.pt

Abstract — The production of medical imaging data has grown tremendously in the last decades. The proliferation of digital acquisition equipment has enabled even small institutions to produce considerable amounts of studies. Furthermore, the general trend for new imaging modalities is to produce more data per examinations. As a result, the design and implementation of tomorrow's storage and communication systems must deal with Big Data issues. Moreover, new realities such as the outsourcing of medical imaging infrastructures to the Cloud impose additional pressure on these systems.

The research on technologies for coping with Big Data issues on large scale medical imaging environments is still in its early stages. This is mostly due to the difficulty of implementing and validating new technological approaches in real environments, without interfering with clinical practice. Therefore, it is crucial to create test bed environments for research purposes.

This article proposes a methodology for creating simulated Big Data repositories. The system is able to use a real world repository to collect data from a representative time window and expand it according to research needs. In addition, the solution provides anonymization tools and allows exporting two types of simulated data: a structured file repository containing DICOM objects and a statistical summary of the archive content based on its characteristics, such as the number of produced studies per day, their modality and their associated data volumes.

Keywords – *medical imaging, pacs, dicom, big data, repositories.*

I. INTRODUCTION

Medical imaging modalities have long been used as one of the most important means of diagnosis [1]. Their usage is very common in developed countries, especially after the introduction of digital modalities, which have lowered the exploitation costs and increased the quality and usefulness of medical images [2]. As a result, nowadays, even small medical institutions are capable of producing and consuming large quantities of medical image studies [3].

Picture Archive and Communications Systems (PACS) have been supporting medical imaging environments. The term is commonly used when referring to information and communication systems that manage the medical imaging data and associated workflows [4]. This involves not only storing images for later use, but also supporting the communication between the different system's components. . A typical PACS

environment encompasses three major groups of components: Image Repositories, Acquisition devices and Viewer applications [4]. In order to integrate these heterogeneous components, PACS rely on the DICOM Standard [5] that defines the format for storing medical imaging data and the network communication protocol.

Nowadays, the medical community interest in PACS content is not limited to pixel data (image). Recently, the study of images metadata has become an important research subject [6]. In fact, DICOM objects have two major sections: a metadata header and the pixel data. The metadata section is composed of information related to imaging procedures like, for instance, patient identification, acquisition equipment parameters, diagnosis report and radiation dose exposure [6].

The access to PACS metadata has become fundamental to support clinical and technological research activities. However, most of the current systems are not prepared to handle this requirement, partially due to the heterogeneous nature of the DICOM metadata. In fact, different modalities produce different sets of metadata, which makes it difficult for strict data models such as relational databases, to be used [7]. Moreover, the huge amount of data generated by medical image procedures is itself a problem [8], which raises several Big Data related issues to their exploitation [9].

Nowadays, many healthcare institutions are federating services [10] and outsourcing their repositories to the Cloud. However, managing communications between multiple geodistributed locations is still challenging, mainly due to the complexity of dealing with huge volumes of data and bandwidth limitations. As a result, several different Architectures have been proposed to support these scenarios [3, 11]. However, they generally lack validation in Big Data environments.

Finally, considerable research efforts in PACS technologies have been made. A current trend is the adoption of non-conventional database technologies, such as document stores and free text indexes, in PACS [7, 12-14]. These technologies promise to increase search performance and flexibility of PACS databases. One more time, a major drawback of state-of-the-art approaches is their validation. Testing in a real-world environment would be recommended to fully validate the solution. However, it could be hazardous since some tests involved saturating the network with requests, which might compromise the regular operation of the healthcare institution.

Moreover, this type of action is restrictive since a dataset from one institution may not include all situations that we would like to test, and would also be difficult to execute due to privacy issues.

Our proposal was designed to tackle the issues associated with the research, development and validation of PACS technologies by enabling the creation of accurate synthetic datasets to be used in laboratory trials. As such, we propose a system that simulated Big Data repositories using representative portions of data extracted from real environments, having no impact on the system in production.

II. BACKGROUND

The DICOM Standard [15] was introduced in 1993 by NEMA. This proposal was driven by the need to put different PACS applications and components speaking the same language. In fact, until the DICOM standard became available, there was no *de facto* standard and every manufacturer had its own protocol. As a result, institutions were vendor locked and could not make the most out of their resources.

The DICOM Standard is a set of guidelines that does not only define how medical images should be formatted, but also how they should be broadcast among the different PACS applications [16]. For simplicity purposes, this document will neglect the communication part of the standard since knowledge of DICOM's data format is of major importance to acknowledge the importance of these methods.

DICOM images format aggregates a metadata header with the actual pixel data [16]. This header contains meaningful information to the image such as patient identification, or radiation exposure information. This is achieved by adding a set of attributes to the image. Therefore, DICOM images files are composed of DICOM Objects following a TLV (Tag Length Value) format, which associates a given value and its

length to an attribute identifier [17]. The tag unequivocally identifies the object's type. These tags are organized in semantic groups that correspond to real world entities such as Patient (0010), or Study (0008). In fact, the DICOM DIM (Information Model) is organized in the hierarchy (Patient, Study, Series, Images), which reflects the real world scenario, where a patient has multiple studies that may have multiple series and images. Although modalities normally store each image or frame in a separate DICOM file, this can be assembled thanks to the unique identifiers of these hierarchy entities, called InstanceUID's [18].

As a result, DICOM Object's tags are composed of two parts, the group identifier, and the object identifier of the group. For instance, the PatientName's tag is (0010,0010), whereas the StudyDate tag is (0008,0020). DICOM supports 27 different encoding for the value field, called VR (Value Representation). The VR of an object is either explicitly declared in its TLV structure, turning it to (tag, VR, length value), or it is implicitly declared in a dictionary [5]. Although the DICOM standard specifies a wide range of fields, new objects can be declared via private dictionaries. Therefore, the standard is extensible and manufacturers can include their latest equipment metadata in image files.

Fig.1. provides an example of a DICOM file's metadata and its hierarchical organization. It is perceivable that the root object holds multiple data elements. These elements can be composite elements which hold further members in their hierarchy.

Regarding the stated problem, it is possible to find in the literature several reports of using state-of-the-art technologies for storage, search and retrieve of medical imaging data lacking representative datasets for their validation. For instance, Savaris et al. propose a decomposed storage model [7], an approach similar to the document-oriented databases, and

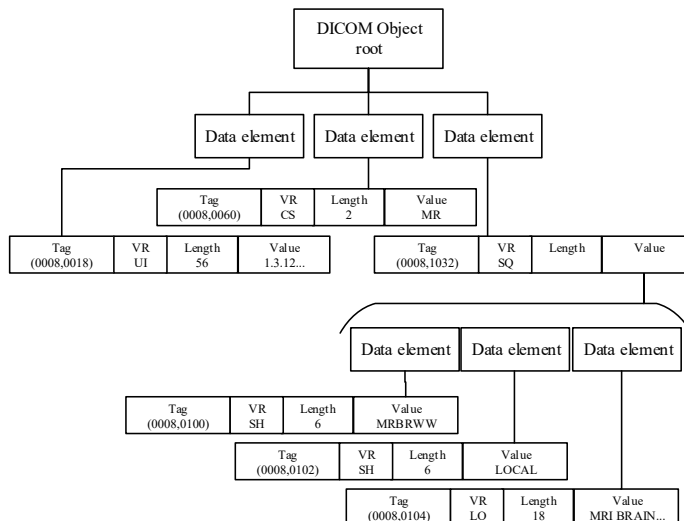


Figure 1. Example of a DICOM file

present its comparison with the relational model. However, the dataset used in the trials was only composed of 67 studies with a combined size around 4GB. In fact, this dataset is very small when compared with real medical imaging repositories, not validating the system long-term performance. For instance, we deployed a regional PACS archive to support two small diagnostic centers that handle an average of 3000 examinations monthly, with a combined volume around 60 GBytes. In this scenario, a trial with a 4GB dataset is not sufficient to analyze even a week of the PACS operation, nor the long-term scalability of proposed system.

In [14], a comparison between multiple documented oriented databases for PACS is presented. The authors have shown sensitivity to the performance of the databases in the short, medium and long-term by using three different datasets. However, their largest dataset might not be representative enough of the current scenario, since it contains around 50 thousand images, approximately 4 times the daily CT production of our dataset C (see section IV). More evidence of this issue is found in [12, 19-21].

III. METHODS

Our method for gathering medical image datasets to be used in laboratory trial is composed of three components; the Dicoogle PACS, the DICOM Exporter plugin, and the DICOM Statistical Analyzer. Dicoogle is an open-source PACS that offers a plugin based architecture and a software development kit [13, 22]. It is intended to support the research and development of new PACS components and applications as plugins that may leverage the existing capabilities of Dicoogle, such as storage, indexing of DICOM metadata or even other plugins functionality. Therefore, it is possible to orchestrate services, creating complex workflows between multiple plugins, as demonstrated further. The DICOM Exporter and the DICOM Statistical analyzer were developed as plugins for the Dicoogle. The dataset generation method contemplates three stages: the indexing stage, the statistical analysis stage, and finally the DICOM files exportation. The interactions between these stages are illustrated in Fig. 2.

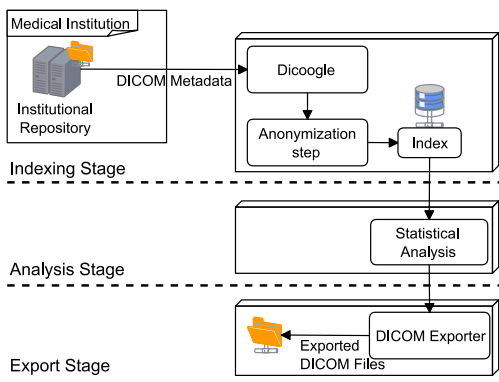


Figure 2. Different stages in our methodology

A. Gathering and Indexing data.

Firstly, at the indexing stage, a representative time window of the real medical imaging repository is indexed with Dicoogle. The window is a compromise between the available time for this procedure and accuracy of the generated repositories. This is a crucial stage since it enables the access to the metadata of the DICOM files that were produced in a real world environment, therefore with accurate data. The indexing process involves accessing the DICOM images in an institutional repository, so that their metadata can be parsed. It involves crawling through the attributes of every object within the image to fetch their values. Since these values are then stored in the index, Dicoogle may respond to queries without parsing the DICOM files that are significantly more efficient. In our point of view, it enables the access to DICOM Objects metadata, without accessing the files themselves. Although Dicoogle supports multiple indexing plugins, we have been using the Lucene plugin shipped with its distribution.

The system provides also an anonymization tool in order to protect the privacy of collected data. It involves the obfuscation of several fields, including PatientName, InstitutionName, PhysicianNames etc. Nevertheless, a new set of fields can be configured and another anonymization strategy could be applied. The algorithm is based on term replacement, where attributes values are replaced by an anonymous counterpart. We used a one-to-one relation keeping the coherence of the indexed data, for instance, a given patient name will produce the same anonymized value, therefore, keeping the relations between the different image objects intact.

B. Statistics Collection

After the repository data had been collected, we need to find some statistical markers that characterize the medical imaging studies produced in the institution. This is performed by the Statistical Analyzer plugin. Firstly, it uses the Dicoogle query API to extract the required information. Next, it infers the distribution of the volume of the images' data and the number of images in the dataset. The mean values, the absolute maximum, and minimum, as well as the standard deviation of these parameters, are extracted. Moreover, not only the global values of image size and image number are analyzed, but the analysis is also performed by study, modality, and daily production. As a result, the Exporter module will use these characteristics to extend the dataset.

C. DICOM Exporter

The last stage in this methodology is the actual stub dataset exportation. The DICOM Exporter plugin has two working modes. The simplest operation mode generates and exports a DICOM file object for every medical imaging entry in the indexed data. The advanced mode enables us to select which images or studies will be extracted based on image modality or a time window. It also enables us to generate new image files if the indexed data does not fit the specified window.

The exported DICOM images are identical to their original counterpart, with the exception of the anonymized data and the pixel data. Actually, the reduction of pixel data size is fundamental to make feasible the generation of huge datasets. Otherwise, the manipulating the exported dataset would require

a storage space similar to the original repository. The adopted strategy was to allow the stripping the medical images pixel data. Despite seeming a major drawback, this data is rarely needed in many technologic trials. Moreover, laboratory trials requiring access to image pixel data usually need to have also datasets manually curated and controlled. Therefore, these scenarios would never benefit from an unassisted approach such as ours to build their trial datasets.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

The current section presents preliminary results obtained with the proposed methodology to generate Big Data datasets in medical imaging environments. The trials aim to capture a representative dataset of a real world repository and synthesize an extended Big Data dataset with the same characteristics.

According to our clinical partner, a time window of one month will be enough to capture the studies' patterns in their institutional repository. The objective was to synthesize a bigger dataset representing a repository with 321 business days, containing only studies of CR and CT modalities.

The statistics of the synthesized dataset are shown in Table I. It is possible to see that the system is able to reproduce the dataset characteristics for each separate modality. The used metrics are the number of studies in the dataset, the number of images per study and data volume of the studies. For each of these metrics, the average value (μ), the standard deviation (σ) and the total value of the dataset is presented (Σ).

The statistics collected (μ and σ) in both repositories, the real datasets and the exported, matched perfectly. This observation permits us to validate the accuracy of the proposed methodology.

The huge amount of data produced by medical imaging laboratory is evidenced in Table I. For instance, we see that this medium hospital produces around 37 Computed Topographies daily. Taking into account the average study size for CTs, this would make 2.7 GB daily only from a single modality. This proves how difficult it is to gather representative datasets for laboratory trials.

The reduction of the required space for the generated dataset is also shown in Table II. It is perceivable that this method allows for a clear reduction of the required storage space for the generated indexes, as the exported datasets ended up requiring less than 1% of the dataset stored along with the pixel data.

Although this proposal satisfies our initial requirements as it is, in fact, being used to test our latest PACS developments, we have noticed a limitation of our method which will be addressed in the future. At the current stage, we are only able to collect global statistics of the repository, meaning that we cannot capture scenarios where the production of studies is increasing over time. This fits in the cases where an institution purchases more modality acquisition equipment. As a result, we will significantly underestimate the production of studies in the long-term.

TABLE I. STATISTICS OF THE ANALYSED DATASET

Modality	Number of Studies		Images per study	Study Size (MB)	Daily study production
CR	6 993	μ	1,1	7 922,0	21,8
		σ	0,3	2 883,0	8,2
		Σ	7 705	55 396,3	6993
CT	11 945	μ	358,9	72,9	37,2
		σ	485,2	100,2	14,9
		Σ	4 287 364	870 900,3	11945

TABLE II. DATASET SUMMARY AND SIZE REDUCTION RATIO

Dataset	With Pixel Data		Without Pixel Data		
	Number of Images	Total Size (MB)	Number of images	Effective Size (MB)	Ratio
C	4 295 069	870 955,6	4 295 069	17 161,0	0,02%

V. USE CASE SCENARIOS

A major aspect of this method is its immediate utility. It has actually been very useful to us in previous situations. The Dicoogle project is a good example of this. In Dicoogle, we have been offering search and retrieval services based on the whole range of meta-data held by PACS repositories. When we were developing the Lucene plugin, we continuously had the need to validate how the plugin responded when dealing with increasing load demands, and how the continuous patches we developed influenced the plugins behavior. Development efforts such as this, require strong datasets to validate. For instance, the dataset shown in TABLE II did only produce an index with 50GB. Despite seeming a considerable size, it is not representative of several years of a medium size institution. As a result, we could never be sure about the performance of a third-party technology, such as Lucene, in our use case.

This tool is well suited for any scenario that requires simulated DICOM metadata. The resulting datasets can be used to test multiple PACS services, such as storage, query and retrieve services. Currently, there are two other projects that are using datasets generated by this tool to test other technologies to be used in the Dicoogle PACS. Namely, a relational model and a document-oriented database. These efforts will be published in the future.

However, our tool falls short in scenarios that require the actual pixel data. In order to overcome this limitation, we have coupled pixel data gathered from actual images. This trick is useful in situations like testing the storage services of the PACS. Nonetheless, in scenarios such as CBIR (Content Based Imaging Retrieval), this tool is completely not applicable as it cannot generate meaningful pixel data.

VI. CONCLUSIONS

Nowadays, researchers of PACS technologies face a major issue when validating their contributions. The lack of datasets that perfectly mimic real institutional scenarios is a serious constraint on the quality of their contributions. Too often, we have seen technologies validated with datasets that simply are not sufficiently large to stress them, especially comparing to

what real laboratories would. Drawing conclusions on top of poorly designed trials induces errors and may hinder future research efforts. Moreover, most PACS developers and administrators do not have a clear picture of how their solutions will perform in the long-term. Due to this lack of knowledge, unpredicted episodes may take place during the PACS lifetime, compromising the healthcare services provision. The proposed methods address these issues by enabling the creation of artificial datasets with the same characteristics of a model dataset, for instance, an institutional repository. Moreover, these methods enable the creation of larger datasets to be used in long-term and Big Data scenarios. For this purpose, the approach used to reduce the size of the generated datasets seems vital.

ACKNOWLEDGMENT

Tiago Marques Godinho is funded by Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) under grant agreement SFRH/BD/104647/2014. This work has also received support from the EU/EFPIA Innovative Medicines Initiative Joint Undertaking (EMIF grant n° 115372).

REFERENCES

- [1] C. Viana-Ferreira and C. Costa, "Challenges of Using Cloud Computing in Medical Imaging " in *Advances in Cloud Computing Research*, M. Ramachandran, Ed., ed: Nova Publisher, 2014, pp. 3-18.
- [2] P. Tavakol, F. Labruto, L. Bergstrand, and L. Blomqvist, "Effects of outsourcing magnetic resonance examinations from a public university hospital to a private agent," *Acta Radiologica*, vol. 52, pp. 81-85, 2011.
- [3] L. B. Silva, C. Costa, and J. Oliveira, "A PACS archive architecture supported on cloud services," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, vol. 7, pp. 349-358, 2012.
- [4] H. K. Huang, *PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications*, 2nd ed.: Wiley, 2010.
- [5] O. S. Pianykh, *Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM): A Practical Introduction and Survival Guide*: Springer, 2008.
- [6] M. Santos, S. de Francesco, L. A. B. Silva, A. Silva, C. Costa, and N. Rocha, "Multi vendor DICOM metadata access a multi site hospital approach using Dicoogle," in *Information Systems and Technologies (CISTI), 2013 8th Iberian Conference on*, 2013, pp. 1-7.
- [7] A. Savaris, T. Härder, and A. von Wangenheim, *DCMDSM: a DICOM decomposed storage model* vol. 21, 2014.
- [8] Z. Jin and Y. Chen, "Telemedicine in the Cloud Era: Prospects and Challenges," *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 14, pp. 54-61, 2015.
- [9] Y. Hui, E. Kundakcioglu, L. Jing, T. Wu, J. R. Mitchell, A. K. Hara, et al., "Healthcare Intelligence: Turning Data into Knowledge," *Intelligent Systems, IEEE*, vol. 29, pp. 54-68, 2014.
- [10] P. Sernadela, P. Lopes, and J. L. Oliveira, "A knowledge federation architecture for rare disease patient registries and biobanks," *Journal of Information Systems Engineering & Management*, vol. 1, pp. 83-90, 2016.
- [11] T. Marques Godinho, C. Viana-Ferreira, L. Bastiao Silva, and C. Costa, "A Routing Mechanism for Cloud Outsourcing of Medical Imaging Repositories," *IEEE J Biomed Health Inform*, 2014.
- [12] T. Prado, D. J. de Macedo, M. A. R. Dantas, and A. von Wangenheim, "Optimization of PACS Data Persistence Using Indexed Hierarchical Data," *Journal of Digital Imaging*, vol. 27, pp. 297-308, 2014.
- [13] C. Costa, C. Ferreira, L. Bastião, L. Ribeiro, A. Silva, and J. Oliveira, "Dicoogle - an Open Source Peer-to-Peer PACS," *Journal of Digital Imaging*, vol. 24, pp. 848-856, 2011.
- [14] L. A. Bastiao Silva, L. Beroud, C. Costa, and J. L. Oliveira, "Medical imaging archiving: A comparison between several NoSQL solutions," in *Biomedical and Health Informatics (BHI), 2014 IEEE-EMBS International Conference on*, 2014, pp. 65-68.
- [15] ACR-NEMA, "Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM)," ed. Rosslyn, VA: National Electrical Manufacturers Association, 2011.
- [16] M. Larobina and L. Murino, "Medical Image File Formats," *Journal of Digital Imaging*, vol. 27, pp. 200-206, 2014.
- [17] O. S. Pianykh, *Digital imaging and communications in medicine (DICOM)*: Springer, 2011.
- [18] M. Ismail and J. Philbin, "Multi-series DICOM: an Extension of DICOM That Stores a Whole Study in a Single Object," *Journal of Digital Imaging*, vol. 26, pp. 691-697, 2013.
- [19] A. Savaris, T. Harder, and A. von Wangenheim, "Evaluating a Row-Store Data Model for Full-Content DICOM Management," in *Computer-Based Medical Systems (CBMS), 2014 IEEE 27th International Symposium on*, 2014, pp. 193-198.
- [20] S. J. Rascovsky, J. A. Delgado, A. Sanz, V. D. Calvo, and G. Castrillón, "Informatics in Radiology: Use of CouchDB for Document-based Storage of DICOM Objects," *Radiographics*, vol. 32, pp. 913-927, 2012.
- [21] D. D. J. D. Macedo, A. V. Wangenheim, M. A. R. Dantas, and H. G. W. Perantunes, "An architecture for DICOM medical images storage and retrieval adopting distributed file systems," *Int. J. High Perform. Syst. Archit.*, vol. 2, pp. 99-106, 2009.
- [22] F. Valente, L. B. Silva, T. Godinho, and C. Costa, "Anatomy of an Extensible Open Source PACS," *Journal of Digital Imaging*, pp. 1-13, 2015.

Data Replication Policy in a Cloud Computing Environment

Gabriel Heleno Gonçalves da Silva, Maristela Holanda e Aleteia Araujo

Department of Computer Science

University of Brasília

Brasília, Brasil

gabriel_cic@aluno.unb.br, {mholanda, aleteia}@unb.br

Abstract — In a cloud computing environment, data replication is frequently used for failure recovery. However, data replication can be used also to improve the performance of the execution of application. In this context, this article presents a policy for data replication for a computational cloud with bioinformatics data, such that the execution of application of bioinformatics is reduced.

Keywords - bioinformatics; Hadoop; replication policy, cloud computing.

I. INTRODUCTION

Cloud computation is a model that facilitates access, transparently and on demand, to a set of computational resources (for example, networks, servers, warehousing, applications and services), which can be acquired quickly and released with a minimum of managing effort or interaction with the service provider.

In cloud computing, data replication is used from the outset. However, initially the main objective of its use is fault tolerance, which routinely occurs in computing systems. The replications that are in the file systems are saved as copies to *backup* as soon as the original file changes versions. Nevertheless, often the replications were not used at any moment, being practically forgotten during the entire execution of the processes in the cloud. Meanwhile, with advances in data replication technologies, the replications are being used to allow greater availability to created files, and thus raise the parallelism in transactions and allow greater reading and writing capacity of data in the cloud that the replication was employed.

On the other hand, the field of bioinformatics has used the cloud computing environment to carry out research [1]. Besides this, bioinformatics has a vast set of biological data that are passed to computer files laboratories specialized in sequencing. The combination of FASTA biological sequence files with QUAL quality descriptor files create the FASTQ file that contains the biological sequences (short reads) paired with their respective qualities. Filtering is a process that evaluates the quality of the attributes of a biological data sequence and can, for example, remove sequences based on their size or even exclude less relevant sequences, according to their quality. Acting on these files, the cloud computing environment and data replication can be used together for improved

performance. Given this scenario, this article presents a policy for data replication with the objective of reducing the processing time for biological data.

The remainder of this article is organized in 5 sections. In Section II is presented the concept of data replication. In Section III the data replication policy is defined. Section IV, the computing environment used in this research is presented, in which comparisons are made between data replication policies used, presenting the results obtained in each of these, and presents the fault tolerance test. In Section V, comparisons with other related research are made to better understand the different aspects of the policies developed. Finally, in section VI, conclusions and future works are presented.

II. DATA REPLICATION

The read and write operations of data on disc take up much of the computing time and file transmission time on the network can increase considerably, depending on the size of the files. With the goal of reducing this time, data replication is used to confer greater availability of the files required most frequently. The control of the number of copies of a file is carried out by replication factor, and this informs the file system of the quantity of copies that must be maintained available for a given file. The larger the replication factor used, the greater the availability of the file. However, the memory available in the system of files is reduced proportionately to this factor, owing to the quantity of copies each file ends up having.

The traditional policy replicates, randomly, the data within the file system, according to the established replication factor. The main problem with this replication policy lies in the difficulty to satisfy the need for parallelism, so that all the computers belonging to this computing cloud can collaborate in the execution of the files, only two solutions would be available. In the first solution, it would be necessary that the entire system of files be stored in each one of the computers, which is naturally inviolable in platforms with many computers. In the second, it would be inevitable to maintain the number of copies below the quantity of computers and at each request to send a file to the processing participant nodes. The problem associated with this second solution resides in how the files are treated in order of gigabytes and terabytes, the reading time of the disk, the transmission files and the network traffic if

they go so high that it doesn't compensate the use of other processing machines. With this, one can see that the main difficulty found for the use of a replication policy resides in the problem of managing files with a great volume of data.

In cloud computing environments, the Apache Hadoop [2] is being used for managing large files. The Hadoop Distributed File System (HDFS) allows common computers to comprise part of the cluster, making it possible to compute with low cost heterogeneous machines.

The HDFS uses the replication by blocks [2], or rather, internally a file is divided in one or more blocks and each block in the HDFS is copied to other computers, but the policy of replication of HDFS data prioritizes the balancing and with this distributes randomly the copies of the blocks of data within the system of files according to the storage capacity of each *datanode*, taking the configuration of localities that do not contribute as much with the processing. Fig. 1 is an example of how the distribution of data can randomly interfere in the processing phase, in case, the copies were distributed randomly among the *datanodes*, which are represented by crème colored rectangles, with the factor replications of 3. The file was divided in four blocks, and even using the structure of blocks to better distribute the copies, the fact of distributing randomly does not guarantee that all the nodes will have replicas to execute the computation.

Datanodes

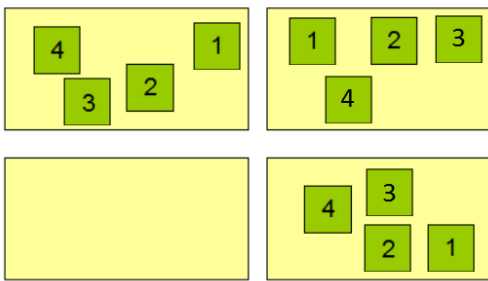


Figure 1. Example of distribution of random data blocks.

The HDFS allows the user to develop his/her own replication policy for the blocks. The possibility of customized definition is important, since besides making the system more configurable (better attending the needs of each user), makes the test of different policies viable in the HDFS. In this way, this work proposes the development of a policy of data replication for computing in the cloud, using the Apache Hadoop with the system of distributed archives.

III. DATA REPLICATION POLICY

To develop the data replication policy, a preliminary study of the general characteristics of the bioinformatics data was needed, as presented in Subsection III A, where the definition of the policy proposed took into consideration, the characteristics of the bioinformatics files and after, a

replication policy was developed in the HDFS, as pointed out in Subsection III B.

A. Definition of the Data Replication Policy

The replication policy proposed has the objective of improving the distribution of files in a cloud computing environment, allowing all the computers that were added for the replication to participate in the computation phase. In Fig. 2, it is possible to verify the distribution of the files between all the nodes that must participate in the computation. With Fig. 2 also it is possible to note that the best distribution of the data in the policy of replication proposed, in relation to the random policy of Fig. 1.

Datanodes

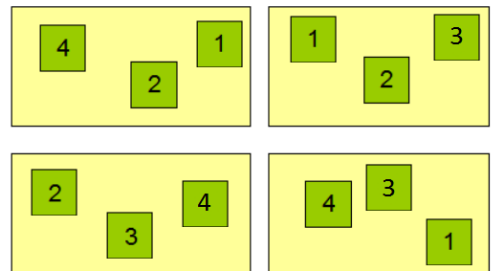


Figure 2. Example of the distribution of blocks with replication policy defined by location.

The replication policy proposed must be used in a cloud computing environment that has files with the following characteristics:

- Files with large volumes of data in the file systems – The files of the genetic sequencing, generally, are in the size of gigabytes, and in processing the bioinformatics workflow, the volume of data can be up to terabytes. This occurs due to the complexity of the structures represented within the bioinformatics files and the need for high quality and accuracy of the files that are understood in this context.
- Access to stored files of the type – write-once-read-repeatedly. The files deposited in the system of bioinformatics files rarely suffer modifications and are used as a base for many other works. These characteristics configure a system of files with little or no alteration, but many reads and processing.
- High scalability – Bioinformatics is a field that has been growing rapidly, demanding that the development of whatever system for bioinformatics be apt to scale horizontally (increase the number of computers of the platform), and vertically (increase the resources available in each machine without difficulties).
- High cost processes of main memory – The processing of large files is constantly related to the

high cost of main memory also, due to the need for storing file excerpts directly in the memory, and the need to store partial results from the processing for former operations.

- Intense and prolonged computation – The computation of files in the order of terabytes can take hours or even days depending on the final objective, and, given that, it is necessary to use software that support the occurrence of failures and a set of high capacity processing hardware.
- Parallelism and multiprocessing – To complete a processing execution in a quick way, one must use the multiprocessing resources through the diverse cores of the processors present in the machines, and the parallelism, capable of allocating many machines for the resolution of the same problem.

B. Implementation of the HDFS Policy

To respect the organizational criteria of the file and finally be able to use the policy of replication correctly, it was necessary to complete some adaptations in the file systems that can account for this need, these adaptations were divided in four phases, which were:

Phase 1 – The blocks of data in the system of files were not placed directly in the HDFS, since if the files had been stored directly it would not have been possible to prevent when the end of the block of data would occur, which could result in a break of the filtering sequence. Instead, the blocks passed through a routine treatment before being inserted into the database. This routine determined up to what part of the file each block would be inserted, and thus it was clear that all the blocks would be consistent in the filtering process the steps of the Insertion Routine can be better understood through Fig. 3.



Figure 3. Insertion routine phases.

Phase 2 – As each part of the file became a distinct block, it was necessary to know where each one of the blocks was allocated and, thus, chose the computers that would participate in the processing phase of the file. With this objective, a mapping was carried out of the computers that possess the file during the creation phase of the copies. This mapping simply constituted of a file containing the block identifier and the place where each one was copied. Once the identification is completed, the jobs execution is initiated referring to the blocks through streaming.

Phase 3 - In the third place, a resource allocation program was used and managed the task, as even the Hadoop having a multiplatform file system and with the capacity of determining the number of tasks that can be executed in one *datanode*, there is a difficulty in knowing the current state of the system that is executing the processing. For example, a computer that has four cores can be fixed to execute, at most, eight tasks at the same time, by standard, but depending on the activity scheduled within the cloud, a created task can use various cores of the processor, and the processing of two tasks can be jeopardized. Similarly, eight tasks that do not demand all of the computer's processing capacity can be executed and there can be a task that can use the available resources without jeopardizing some of the other processes, but this task will have to wait in the execution line.

Phase 4 – The final phase is the allocation of newly generated files after the processing. This phase completes the first step once again, for the files created, generating the processing logs and completing the mapping described in phase two.

IV. CASE STUDY

To validate the proposal for the data replication policy presented in this work, a case study was developed. In Subsection IV.A, the computational environment used in the case study is presented. In subsection IV.B the analysis of results and is done and comparisons are completed between the data replication policies tested. And in subsection IV C the fault tolerance test is presented, along with the execution time analysis for recovering failures.

A. Computacional Environment

To complete the parallelism in the processing Hadoop's[4], utilitarian streaming was chosen, since it allows the user to create routines within Hadoop's file system and execute the program created as a job of Hadoop. With the use of streaming, the user can define folders and/or archives that will be used during the execution and also define the directory for which of the resulting computational files will be sent.

Four machines will be used to complete the case study: 2 Intel Xeon E3 -1220 with 4 cores of 3.1-3.4 GHz frequency and 12GB of RAM memory each; 1 Intel Core i7-2630QM with 4 cores of 2.0-2.9 GHz frequency and 4GB of RAM memory; 1 Intel Dual Core T2370 with 2 cores of 1.76 GHz frequency and 2GB of RAM memory. Meanwhile, the proposal of this study is that it is applicable to any number of computers. All of the machines used the Apache Hadoop in version 0.21 for the storing of data in the cloud.

Hadoop has problems maximizing the heterogeneous computational platforms, as pointed out in [5] and [6], so to avoid that the heterogeneity of the platform used become effected by the results of the processing, it became necessary to verify the capacity of each computer during its execution in the HDFS before developing any load balancing method in the work.

To test the capacity of each one of the computers used, a benchmark was used with the FASTQ file for filtering. The processing time was recorded for each one of the computers, and thus it was possible to know precisely the potential of resources for each one of the machines for the filtering process. From there, it was only necessary to discover the percentage of processing that each machine used so that it would be possible to determine what capacity of processing was available and thus the computation could be distributed in an egalitarian way. Table I contains all of the processing times of the benchmark execution.

TABLE I. TOTAL TIME OF EXECUTION IN EACH ONE OF THE COMPUTERS

Computer	Total Time (seconds)
1	217.3
2	214.6
3	335.8
4	1322.5

B. Analysis of the Results and Comparisons Between the Replication Policies

Firstly, the replication policy used the complete files for the replication in the file system. The tests completed present the results pointed out in Fig. 4. As the replication factor grows, the number of computers participating in the processing also increases. It can be observed in Fig. 4, the gradual improvement in the time that is proportional to the growth of the replication factor and the capacity of the computers that go on to participate in the computation phase.



Figure 4. Filtering time by replication factor.

In the analysis of the results of the replication policy proposed in this study, which divided the files in blocks before inserting them in the file system, Fig. 5 corresponds to the results obtained through the use of this replication policy. The tests were completed with the factor of 3 replication, however

the same results would be obtained if the data was replicated one or more times, as all the machines had already participated in the computing phase from the first replication in the file system. Meanwhile, the value 3 was used to simulate the need for failure recovery, seen in Subsection IV. C. In Fig. 5, each block is executed by a processing unit, which is why, the performance improves proportionate to the number of blocks in the file system.

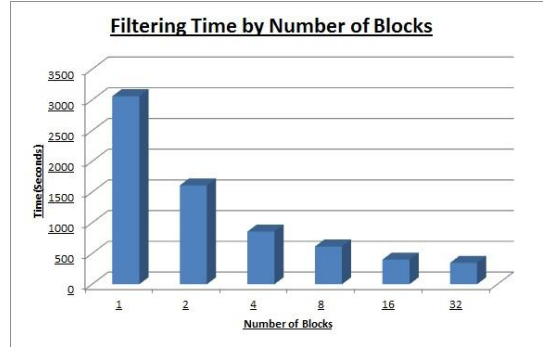


Figure 5. Filtering time by the number of blocks.

It can be analyzed in Fig. 5 another factor of great relevance to the results, despite the system counting on only 14 cores of processing, to increase the number of blocks of the archive of 16 to 32 there was an improvement in the performance. This is due, mainly, to the fact that the more modern computers used a series of technologies to increase performance of their processors and threads when they are at a high rate of activity as, for example, the turbo boost of Intel, which functions as an overlock in the processor. Besides this, the filtering is a process that raises many interruptions in the barring, because reading such a large quantity of data in the disk makes the processor unoccupied in the case of not having other processors to execute, something that doesn't occur easily when there are more processes than computing cores.



Figure 6. Time spent by each replication policy.

Fig. 6 presents the comparison between the computing times used by the two replication policies, taking into consideration a standard replication factor defined as three. From the results obtained, one can observe the superiority of the replication in blocks policy, which allows more computers to participate in the processing and even all the cores in the computers to participate actively in the execution.

Studies on bioinformatics and data replication have already been completed in other works, and to show how the data replication influences results due to different characteristics, a comparison was carried out between the policy adopted in other research and the one proposed in this work.

In [7], a FASTQ file filtering is done in the case studied carried out. In the research done, no replication policy was used, and the filtering done without the use of graphic components took about 2 minutes and 16,160 seconds to be completed.

The filtering was done on the computer denominated 'serina', which had 24 gigabytes of RAM memory and used two Intel quad 2.4 GHz processors. To perform a comparison using the replication policy proposed in this work, a filtering test was done with the same characteristics, using only machines 1 and 3, described in Subsection IV.A, which adds up to 8 cores, the same quantity as serina, and the filtering process was completed in 37.92 seconds.

Clearly, the filtering was done much more quickly using the replication policy suggested, as can be seen in the comparative graph printed in Fig. 7 and this occurs, more than once, due to the optimal use of the computers and their respective processing cores, provided by the data replication policy suggested.

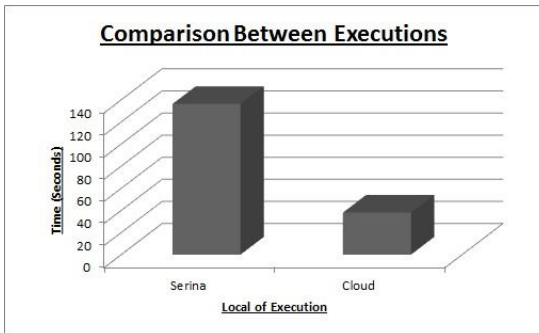


Figure 7. Comparison between the filtering times.

C. Analysis of Fault Tolerance Results

To compare the policies of replication in the case of a fault, a test on service reduction was carried out during the execution of the program, through the simple removal of the line that links the computer to the test network. Firstly, when a computer of a system that does not use a replication policy becomes unavailable, the entire service is unavailable until the computer can be identified again. However, in the case of a

fault in the computer of a system that has a conventional policy, the service continues to be executed, although, the speed of execution drops significantly, because the computers that have one among a few copies become overloaded, compromising the execution.

Observing the replication policy with replicas at the level of blocks, it was possible to note a relevant improvement in the fault response. All of the blocks are replicated on the computers that participated in the execution, and there was no decline in performance besides that which corresponded to the ratio between the computing capacity of that computer in relation to the total capacity of the others, as Fig. 8 shows.

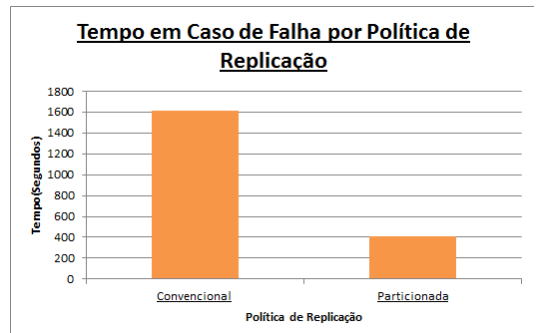


Figure 8. Time spent by each replication policy in case of failure.

V. RELATED WORK

Works published on data replication in cloud environments can be found in the literature, such as [8], [9] and [10]. Each of these studies is presented as follows.

In [8] Xie *et al* approach the theme of performance in the HDFS through the localization of the replicas, completing capacity tests for processing in heterogeneous systems as described in this work. However in [8] the use of biological data is not considered, nor fault tolerance, but it allows for the redistribution of data.

In [9], a method for distributing block data that is correlated is presented, but it disregards the CPU and network cost, which can make the adaptation of this method impracticable in heterogeneous platforms.

In [10], an adaptive system for data replication is developed, taking into account the popularity of each file, reducing access time for the files most frequently used, unlike our proposal, which accounts for the time it takes to process files and replicate blocks according to the computing capacity of each machine used.

VI. CONCLUSIONS AND FUTURE WORKS

It is possible to verify the high scalability that the data replication policy by localized blocks can bring, observing that even maintaining a low replication factor, when the computation is solicited, a many of the computers present in the cloud, if not all of them, can participate in the processing, using the maximum of their specific maximum resources. And it was found, through the data presented, that the data

replication allows computing within the filtering process to occur in a safer manner, avoiding the need for reruns and increasing the availability of access to the file system data.

For future works, in the first place, it is necessary to export this environment to a SGBD NoSQL, so that one can use a simpler file system organization in an upper layer. Besides this, the use of a SGBD NoSQL would make it easier to access services outside of the cloud, even allowing parallel computing between computing clouds based on the same replication policy used.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank the University of Brasilia (UnB) and Fundação de Apoio a Pesquisa (FAP-DF), for their support to this work.

REFERENCES

- [1] M. C. Schatz, B. Langmead and S. L. Salzberg. "Cloud computing and the DNA data race," in *Nature Biotechnology*, vol. 28, pp. 691–693, 2010. doi:10.1038/nbt0710-691.
- [2] K. Shvachko, H. Kuang, S. Radia, and R. Chansler. "The Hadoop distributed file system," in *Proceedings of the IEEE 26th Symposium on Mass Storage Systems and Technologies*, pp. 1–10, 2010. Doi: 10.1109/MSST.2010.5496972.
- [3] Apache, "HDFS design," Available on http://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html, Accessed Jan. 2016.
- [4] Apache, "Hadoop Streaming," Available <https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/streaming.html>, Accessed Jan. 2016.
- [5] B. T. Rao, N.V.Sridevi, V.K. Reddy, and L. S. S. Reddy, "Performance issues of heterogeneous Hadoop clusters in cloud computing," *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol XI (VIII), 2012.
- [6] J. Shafer, S. Rixner, and A. L. Cox, "The Hadoop distributed filesystem: Balancing portability and performance," *IEEE International Symposium Performance Analysis of Systems & Software (ISPASS)*, p.122–133, 2010. Doi: 10.1109/ISPASS.2010.5452045.
- [7] R. C. Huacarpuma, M. T. Holanda and M. E. M. T. Walter, "A conceptual data model for transcriptome project pipeline," in *IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine Workshops*, p.13–18, 2011. Doi: 10.1109/BIBMW.2011.6112349.
- [8] J. Xie et al, "Improving MapReduce performance through data placement in heterogeneous Hadoop clusters," in, 2010 *IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, Workshops and Phd Forum (IPDPSW)*, p. 1–9, 2010. Doi: 10.1109/IPDPSW.2010.5470880.
- [9] M. Y. Eltabakh, et al, "CoHadoop: Flexible Data Placement and Its Exploitation in Hadoop," *Journal Proceedings of the VLDB Endowment*, vol. IV, p. 575–585, 2011. Doi: 10.14778/2002938.2002943.
- [10] C. L. Abad, Y. Lu, and R. H. Campbell, "DARE: Adaptive data replication for efficient cluster scheduling," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Cluster Computing*, pp. 159–168, 2011. Doi: 10.1109/CLUSTER.2011.26.
- [11] M. C.Nogueira, andD. C. Pezzi, "A computação agora é nas nuvens," *Technical Report - Universidade de Cruz Alta*, 2009.
- [12] F. R. C.Sousa, and L. O.Moreira, and J. A. F.de Macêdo, and J. C.Machado, "Gerenciamento de Dados em Nuvem: Conceitos, Sistemas e Desafios," in *SBC Tópicos em Sistemas Colaborativos, Interativos, Multimídia, Web e Bancos de Dados*, vol. I, pp.101–130, 2010.
- [13] R. Buyya, C. S. Yeo, S. Venugopal, and J. Broberg, and I. Brandic, "Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility," in *Elsevier Future Generation Computer Systems*, vol. VI, p. 599–616, 2009. Doi: 10.1016/j.future.2008.12.001.

La docencia con videos en YouTube

Caso práctico de la asignatura de Técnica y Edición de la Imagen Fija

Teaching with videos on YouTube

Case study of the subject Technical and Editing Still Image

Francisco-Javier Ruiz-San-Miguel

Departamento de Comunicación Audiovisual y Publicidad
Universidad de Málaga
Málaga, España
sanmiguel@uma.es

Mónica Hinojosa-Becerra

Departamento de Comunicación Social
Universidad Nacional de Loja
monica.hinojosa@unl.edu.ec
Loja, Ecuador

Isidro Marín-Gutiérrez

Departamento de Comunicación Social
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
imarin1@utpl.edu.ec

Resumen — Esta comunicación documenta el diseño y realización de una asignatura virtual titulada Técnica y Edición de la Imagen Fija, para los estudiantes de Comunicación Audiovisual y Publicidad de la Universidad de Málaga. Además de trabajar con material didáctico digital, se introdujo la elaboración de videoclases subidas a YouTube como innovación metodológica.

Palabras Clave - TIC; docencia on line; plataforma digital; material didáctico audiovisual; YouTube.

Abstract — This paper documents the design and implementation of a virtual course titled Technical and Still Picture Editing for students of Audiovisual Communication and Advertising at the University of Malaga. Besides working with digital educational material developing video lessons uploaded to YouTube as a methodological innovation was introduced.

Keywords - TIC; teaching on line; digital platform; audiovisual teaching materials; Youtube.

I. INTRODUCCIÓN

La incorporación de las TICs (Tecnologías de la Información y de la Comunicación) en la educación universitaria ha permitido volver a diseñar escenarios donde se producen los procesos de enseñanza-aprendizaje. Se está produciendo una revolución en la manera de pensar las experiencias de aprendizaje si lo comparamos con la forma cómo se realizaba anteriormente [7].

Actualmente, a nivel global, hay una gran incorporación de las plataformas LMS (Learning Management Systems) en las prácticas docentes. En España, la práctica totalidad de las universidades tienen plataformas de campus virtual donde el 50% utilizan el *software* libre de *open source* Moodle [8].

Pero es importante la labor del profesor como mediador en estos procesos de aprendizaje. Con ello se logra que la práctica educativa sea individualizado, con lo que se propician los Entornos Personales de Aprendizaje (PLE- Personal Learning Environment) [9].

La Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad de Málaga, en concreto el Departamento de Comunicación Audiovisual, ofrece la asignatura de Técnica y Edición de la Imagen Fija. Es una asignatura de 6 créditos del Módulo de Plataformas Tecnológicas Audiovisuales. Es un curso impartido por el profesor Francisco Javier Ruiz San Miguel.

Mientras que los textos digitales permiten la comprensión de las ideas, la grabación de audiovisuales ofrece la posibilidad de ampliar las dimensiones de la percepción de los alumnos [1]. Todos los módulos se componen de contenidos teóricos prácticos y de ejercicios que se entregan virtualmente por la plataforma al profesor. El material del curso se ofrece en diversos formatos multimedia: PowerPoint, Excel, Pdf y videos en YouTube, estos recursos son llamados Material Educativo Multimedia (MEM) [4].

Se optó por subir los videos tutoriales a YouTube y vincularlo a los temas del curso en la plataforma Moodle, más aconsejable que otras plataformas [6]. Se puede considerar que no es conveniente depender de una empresa comercial externa a la Universidad de Málaga, como es YouTube, para ofrecer contenidos de carácter académico. Esta empresa, YouTube, es una web en la que sus usuarios suben y comparten videos. Aloja una variedad de clips de películas, programas de televisión y videos musicales, así como contenidos propios. Pero YouTube tiene la opción de proteger la privacidad y solamente es accesible para aquellos que conozcan el enlace.

La utilización de explicaciones detalladas por el profesor y alojados en YouTube se ha utilizado en diferentes universidades como cursos de Photoshop [3].

Un argumento a favor de alojar los videos en YouTube es que almacena gran cantidad de información a coste cero para la Universidad y de esta manera no se sobrecarga el espacio de almacenamiento disponible para la institución pública. En el primer video se daba un resumen del programa del curso. Los videos fueron grabados con una cámara digital de alta definición y se editaron con las aplicaciones GoPro Studio e iMovie.

5ª Práctica.- Trabajo con el espacio en la imagen. Profundidad de campo

ACTIVIDAD A REALIZAR

Lo primero recordar que la profundidad de campo en una fotografía es la que modula el número de planos nítidos en profundidad, en la tercera dimensión, marcada por el eje que se adentra en la imagen (su representación a través de la perspectiva).

En esta práctica, se deben de realizar 6 fotografías con las siguientes características:

- 2 imágenes, de 2 motivos diferentes, en las que el sujeto-objeto fotografiado se encuentra a foco, mientras que el resto de los elementos de la imagen se encuentran desenfocados. Debemos recordar que, para la realización de este tipo de imagen, denominada de profundidad de campo *Selectiva*, debemos utilizar la combinación adecuada de diafragma, distancia focal del objetivo con el que realizamos la toma y distancia al sujeto-objeto fotografiado (puede consultarse los apuntes del *Tema 0. Lo esencialmente fotográfico*, en el *Campus Virtual* de la asignatura, en los que se explicita que la variación del diafragma influye en la profundidad de campo de la fotografía, aumentándola cuando utilizamos número f: alto, diafragmas cerrados, y disminuyéndola con número f: bajo, diafragmas abiertos. Del mismo modo, la profundidad de campo también varía con el cambio de las distancias focales del objetivo usado, de manera que a mayor número de milímetros de distancia focal, menor profundidad de campo, y viceversa. Y, finalmente, cuanto más lejos de la cámara se encuentra el sujeto-objeto a fotografiar, mayor es la profundidad de campo que obtenemos).

- 2 imágenes, de 2 motivos diferentes, en las que tanto el sujeto-objeto fotografiado, como algunos

Figure 1. Ejemplo de una práctica alojada en la moodle

A diferencia de las clases ofrecidas en directo, el profesor Francisco Javier Ruiz San Miguel pudo volver a grabar y editar cualquier parte hasta que la presentación fuera aceptable. Con estos videos, el alumnado puede observar el lenguaje corporal del profesor durante la presentación de los temas y escuchar sus matizaciones, pueden recibir información adicional y comentarios que no aparecerán nunca en libros o apuntes.

Una ventaja que tienen estos videos tutoriales es que se pueden visionar en cualquier momento y en cualquier lugar, tantas veces como uno quiera [1]. Así la producción y publicación de videos didácticos se está convirtiendo cada vez más en una metodología innovadora que se emplea en educación [2].

Se eligió la herramienta Moodle de la Universidad de Málaga como software para la docencia on-line. Es el portal de referencia docente de dicha universidad. Esta constituye la principal vía de comunicación entre el profesor y los alumnos de la Universidad de Málaga.

II. LOS ENTORNOS VIRTUALES DE APRENDIZAJE

Se han venido denominando aulas telemáticas, abiertas, Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) a un gran espectro de plataformas informáticas de interacción entre los profesores y alumnos y los recursos destinados a producir el aprendizaje. Estos espacios deben dar respuesta a todas las necesidades que pueden surgir en un proceso formativo. Así como en las universidades tenemos aulas, laboratorios, secretarías, despachos, salas de reuniones, en los espacios telemáticos deben encontrarse igualmente aulas, recursos multimedia, zonas de administración, zonas de tutorización o escenarios para las reuniones.

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje ofrecen un gran potencial como contexto para ello. La condición para esta comunidad virtual de aprendizaje es la colaboración. El tema no es la comunicación o el trabajo en equipo, sino la creación de valor agregado. Se trata de procesos de aprendizaje colaborativo, de lograr un contexto de interacción inter donde los miembros participan autónomamente en un proceso de aprendizaje [18].

Los EVA son comunidades de indagadores. En donde los roles de experto y alumno se convierten en arbitrarios. Ambos son invitados al reino de la curiosidad conjunta. Según Prendes [19] se trata de alumnos que trabajan en grupo, intercambian ideas, se hacen preguntas, todos escuchan y comprenden las respuestas, se ayudan entre ellos antes de pedir ayuda al profesor. Finalmente obtienen un único producto del trabajo del grupo y de construcción del conocimiento.

Las universidades cada vez más graban las conferencias de sus profesores y los ponen a su disposición en Internet para su alumnado. El impacto del uso de estas conferencias grabadas en el rendimiento académico no está claro. Una gran cantidad de estudiantes utiliza las conferencias grabadas como un sustituto de la asistencia a clase [21].

Proyectos similares se han realizado en la Universidad de Vigo, en España. Su objetivo fue pasar todo el material didáctico generado por su profesorado. Se fomentó el desarrollo de recursos educativos abiertos, principalmente videos. Se grabaron conferencias y generaron videos. El núcleo del sistema utilizado para grabar las clases fue *Opencast* (software personalizable libre y de código abierto para apoyar la gestión de audio y contenido de video educativo). También se analizó la utilización de los videos grabados como apoyo al proceso de aprendizaje del alumnado [20].

III. LA PLATAFORMA MOODLE

La palabra Moodle era al principio un acrónimo de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Entorno Modular de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos). La plataforma de formación Moodle fue diseñada por Martin Dougiamas en 2002. Martin era un antiguo administrador de WebCT en la Universidad Tecnológica de Curtin [16].

Moodle es un proyecto diseñado para dar soporte a un marco de educación social constructivista. Moodle se distribuye gratuitamente como software libre (*Open Source*) y

tiene derechos de autor (*copyright*) pero tiene algunas libertades.

Se puede copiar, usar y modificar Moodle siempre que se acepte proporcionar el código fuente a otros, no modificar o eliminar la licencia original y los derechos de autor, y aplicar esta misma licencia a cualquier trabajo derivado de él. El diseño y el desarrollo de Moodle se basan en una filosofía del aprendizaje denominada «pedagogía constructorista social».

Para el desarrollo de Moodle se apoyó en las ideas del constructivismo pedagógico, basado en que el conocimiento se construye en la mente del alumnado en lugar de ser transmitido sin cambios a partir de libros o enseñanzas, y en el aprendizaje colaborativo. Un profesor que trabaja desde este punto de vista crea un ambiente centrado en el estudiante, el cual le ayuda a construir su conocimiento basándose en sus habilidades y conocimientos propios, en lugar de simplemente publicar y transmitir la información que se considera que los estudiantes deben conocer [17].

Moodle no es la única plataforma de aprendizaje *on line*, también están WebCT, Blackboard, Edustance o Sakai [12]. Además de Moodle también existen plataformas gestoras de Aprendizaje *LMS* (un Learning Management System o Sistema de Gestión de Aprendizaje) basadas en software libre: Dokeos, Manhantan o Claroline entre otras. La mayoría se encuentra disponible de forma gratuita en Internet e incluyen las mismas funcionalidades que las plataformas basadas en software propietario. Así que Moodle es uno de las plataformas *LMS* de software libre más populares y vive una fase explosiva de expansión. Su comunidad de usuarios y desarrolladores es muy numerosa y se caracteriza por su entusiasmo respecto al sistema [13].

Como comentamos anteriormente, Moodle es un proyecto inspirado en la pedagogía del constructivismo social. Esto la convierte en una excelente opción para incorporar esta plataforma en un contexto de *Blended Learning*, modalidad educativa caracterizada por la combinación de diferentes niveles de docencia presencial y a distancia. Con respecto a la disponibilidad de idiomas en la plataforma, Navarro [14] pudo verificar que al menos cinco plataformas GPL se encuentran disponibles en español, concretamente: ILIAS, Moodle, ATutor, Fle3 y Claroline.

En el contexto de universidades andaluzas, tras un período de inicio caracterizado por el uso de distintos tipos de plataformas, finalmente se decantaron por emplear mayoritariamente Moodle (cinco Universidades), WebCT (tres Universidades). En el caso de la Universidad de Huelva coexistieron dos tipos de sistema, pero prevaleció Moodle como única plataforma desde 2009. Destacamos también la Universidad de Jaén, que utilizó la plataforma de software libre Ilias [5].

El recurso más utilizado dentro de los sistemas e-learning es el llamado Sistema de Administración de Aprendizaje (o su anglicismo LMS- Learning Management System) o Ambientes Virtuales de Aprendizaje (o su anglicismo VLE- Virtual Learning Environment). Por ello podemos decir que Moodle es un sistema de gestión de cursos de libre distribución (Course Management System- CMS) que ayuda al profesorado a crear

comunidades de aprendizaje en línea. Sintetizando, podemos entender los LMS como un sistema de gestión de aprendizaje y aplicación residente en un servidor de páginas web en la que se desarrollan las acciones formativas. Es un lugar donde el alumnado y el profesorado se conectan a través de Internet para descargar contenidos, ver el programa de asignaturas, enviar un correo al profesor, charlar con los compañeros, debatir en un foro o participar en una tutoría [15]. Gestionan la parte administrativa de los cursos, además del seguimiento de actividades del alumnado así como su avance. En el ámbito educativo, a nivel andaluz, las dos plataformas más empleadas son Moodle y WebCT.

La principal diferencia entre ambas plataformas es el acceso a ellas. Moodle está disponible dentro del entorno llamado software libre. Así, el usuario no paga ninguna cantidad por disponer de la misma. WebCT es un software propietario y se debe pagar por su utilización. La tendencia general en los últimos años, desde las universidades públicas andaluzas, es la utilización de Moodle frente a WebCT.

Consideramos que la plataforma Moodle reúne las condiciones para un entorno virtual de formación del profesorado y alumnado. Cualquier plataforma de formación debe tener distintos elementos que le lleven a superar la transmisión de información, y hagan que se conviertan en un entorno de enseñanza y aprendizaje. Para ello es necesario, que se discriminen diferentes interfaces para los distintos usuarios que participen en la experiencia: profesorado y alumnado principalmente, que se establezcan herramientas de comunicación (e-mail, chat o audio-videoconferencia) que funcionen de forma amigable y sin el requisito de conocimientos tecnológicos elevados por los usuarios. También que se incorporen herramientas de navegación que faciliten la identificación y recuperación de la información. Otro punto es que posibilite el control y seguimiento por el profesor del itinerario educativo seguido por el estudiante. Además que incorpore en el diseño de los materiales actividades de profundización y desarrollo. Por último, que el funcionamiento de la tutorización sea reglada desde el principio, estableciendo las normas de utilización, los tiempos de disponibilidad del tutor y cumpliendo los tiempos de forma constante.

IV. LA UTILIZACIÓN PRÁCTICA DE MOODLE Y YOUTUBE EN UNA ASIGNATURA

Dos factores han influido notablemente en las necesidades pedagógicas de las asignaturas técnicas que se insertan en los planes de estudios universitarios en la última década. De una parte la movilidad del alumnado, ejemplificada especialmente por el masivo apoyo generado alrededor del programa europeo Erasmus, para estudiantes de segundo ciclo de titulaciones universitarias, que ahora se extiende a nivel global, a prácticamente cualquier destino mundial y a otros niveles de formación (ampliación de estudios, posgrado, doctorado o prácticas profesionales). Por otra parte, la articulación y armonización de las enseñanzas universitarias en base a su modulación por créditos, como indicadores de las horas de trabajo dedicadas por el alumno a la adquisición de las competencias y destrezas consideradas necesarias en cada

materia. En este sentido, se puede observar como ejemplo el Plan Bolonia, como armonizador europeo de todos los estudios universitarios [10].

Ambas realidades son deudoras de un propósito común que es el de favorecer la movilidad en la educación superior. Sin embargo, en comunidades como la europea, esta pretensión choca con algunos importantes problemas derivados de los desequilibrios presupuestarios, diferentes tradiciones pedagógicas, heterogéneas composiciones de las plantillas docentes y, sobre todo, de una enorme variedad cultural e idiomática. Todo ello agravado más aún a partir de la crisis de 2008 que afecta en diferente medida a los países que se encuentran integrados dentro de la misma comunidad supranacional.

Como consecuencia de todo ello, se generan algunas situaciones harto complejas, como puede ser la necesidad, por parte de algunas universidades, de asumir el flujo de importante afluencia de alumnos externos, sin que ello redunde en su mejora presupuestaria. La forma de resolverlo suele pasar, como sucede demasiado a menudo, repercutiendo en los usuarios finales, de modo que el profesor termina haciendo frente a un considerable aumento en el número de alumnos por grupo y asignatura, sin que estas incorporaciones de movilidad (tanto nacional como internacional), computen dentro del número de alumnos financiados. Así se dan casos, como el vivido por alguno de los autores de esta aportación, en el que se llega a incrementar en más de cincuenta alumnos el cómputo total de la asignatura, con la consiguiente incidencia en los grupos reducidos, que de las veinticinco o treinta personas que han de componerlos pasan a cincuenta o más.

solventar las lógicas y concretas dudas que toda actividad suscita.

Para poder hacer frente a este serio y continuado problema, se ha diseñado una estrategia combinada de docencia presencial y virtual, aplicada especialmente a las actividades en grupos reducidos, pero empleada también en el caso de los aspectos más complejos de la docencia en grupo grande, tanto para contenidos teóricos como especialmente en los prácticos.

De cara a la mejor comprensión por parte del alumnado, especialmente de los que se encuentran de movilidad, y siempre a la búsqueda de una mayor eficacia e impacto positivo en la motivación de los discentes, el desarrollo de esta estrategia pedagógica se secuencia en tres fases: En primer lugar, en la sesión precedente a la que se impartirá cada contenido, se presenta y explica brevemente el contenido alojado en la página de la asignatura, ubicada en el campus virtual, sobre plataforma Moodle. Además se recomienda encarecidamente su lectura comprensiva previa.

En la sesión subsiguiente se abordan en el aula o laboratorio los contenidos programados y, mientras se desarrollan, se toma registro videográfico de la explicación del docente, especialmente si se trata de temas nuevos que se incorporan a la programación docente o que presenten aspectos inéditos.

Una vez desarrollada la sesión presencial, se realiza el montaje de la pieza o piezas generadas y se ubican en la página de la asignatura, debidamente señalizadas, en el mismo apartado en el que se encuentra la explicación que se recomendó leer previamente.

Es importante indicar que la elección de la rutina de grabación de las explicaciones del docente no es arbitraria, sino que tiene una clara intencionalidad de subsanar las deficiencias en la experiencia del alumno que, por las circunstancias señaladas, se ve privado, incluso en sus actividades en grupo reducido, de un trato más personalizado y cercano con el docente. Eso nos ha llevado a diseñar un arnés ligero y ajustable al tronco del docente, del que se proyecta, a la altura del hombro izquierdo, un brazo articulado y balanceado para minimizar el movimiento de la imagen, en el que se ajusta una pequeña cámara de vídeo de alta resolución, con ángulo visual amplio que permite seguir de forma óptima las explicaciones y evolución espacial del docente, con una sensación perceptiva de cercanía personal [11]. A nivel del registro del sonido, se apoya en la inclusión de un pequeño micrófono estéreo, conectado directamente a cámara, con lo que se mejora sensiblemente la calidad del registro sonoro.

Los clips audiovisuales no se cuelgan directamente en la plataforma virtual de la asignatura, sino que se ubican en modo oculto en un servicio de alojamiento de vídeo, en concreto YouTube y, posteriormente, se incrusta en Moodle el código de acceso. De esta manera, puede reutilizarse más fácilmente el material, de cara a su aportación en otros apartados o materias, sin riesgo de pérdida.

A partir del momento en el que las piezas producidas y editadas se ponen a disposición a través de la plataforma virtual, aquellos que tienen dudas sobre las explicaciones y realización de las actividades, pueden acceder y consultar el

Videoexplicación de apoyo para la realización de la práctica

 Práctica sobre la profundidad de campo

Material de apoyo para la realización de la práctica

 Tabla para calcular la profundidad de campo

Imprimiendo este PDF en transparencia, se obtiene una práctica regla para calcular las profundidades de campo para diversas distancias focales.

 Hoja de cálculo de distancias hiperfocales

Figure 2. Ejemplo de cómo se visualiza una videoexplicación y material de apoyo en Pdf y en Excel.

Tal incremento no solo tiene una influencia negativa en el desarrollo de la actividad dentro del grupo, por la necesidad de segmentar aún más la atención a muchos más alumnos, sino que ello se agrava con la dificultad idiomática que sufren algunos de los discentes visitantes, con diversos orígenes y nivel de uso de la lengua vehicular en la universidad visitada.

La consecuencia inmediata de todo ello es la ralentización en el desarrollo de la programación docente diseñada y, especialmente, de una sobresaturación en el uso de la tutoría, más reclamada para repetir la actividad en grupos más reducidos y homogéneos, cuando no a nivel particular, que para

conjunto del material (explicación escrita de la actividad concreta, las piezas videográficas que recogen el desarrollo de la sesión y el material complementario que también se aporta, debidamente presentado y justificado).

desarrollo de la sesión en grupo reducido, se ha reducido en un cien por cien, dando paso a tutorizaciones mucho más ágiles y productivas, centradas en aspectos y dudas concretas, tanto entre alumnos de movilidad, como propios de la universidad.

Otro de los aspectos positivos apuntados por los discentes es la capacidad de repaso, recuerdo y revisita modular, según se va avanzando en la materia.

En el presente curso se está trabajando en la hibridación entre las explicaciones en texto escrito y la explicación audiovisual, a través de las posibilidades que proporciona el enlace hipertextual en las palabras o expresiones clave. De manera que a lo largo de cualquiera de las sesiones, “clicando” sobre la palabra o expresión, se pueda acceder, opcionalmente, a la explicación o el ejemplo presentado en formato audiovisual.

Para finalizar se realizó una encuesta a los alumnos de Técnica y Edición de la Imagen Fija del curso 2014-2015 para que respondieran de forma anónima sobre cuestiones de metodología del curso, objetivos, evaluación o conocimientos del profesor. En total fueron 102 alumnos (55 mujeres y 47 hombres). La herramienta de encuestación estaba alojada en Google Drive. Se desarrollaron 32 preguntas. Los análisis y resultados de dicha investigación fueron enviados a una revista científica para su publicación por lo tanto no podemos publicarlos ni es el objetivo de esta comunicación. Según los resultados de la encuesta el alumnado valoró positivamente el uso de la Moodle como herramienta de docencia *on-line*, principalmente los estudiantes de Erasmus. Sobre todo han sido especialmente receptivos a los videos.



Figure 3. Ejemplo de visualización de uno de los videos en YouTube

Las piezas audiovisuales que se generan no tienen una duración fija, ya que están en función de la dificultad de la actividad a desarrollar. De modo que en algunas tan solo es precisa la explicación y un breve ejemplo que la ilustra, mientras en otros casos se amplían las aplicaciones prácticas que se plantean, con el fin de diluir cualquier posible sombra de duda sobre los conceptos y procedimientos estudiados. La experiencia viene aplicándose ya durante cuatro cursos académicos, con unos resultados óptimos. Las explicaciones iniciales de la materia práctica de la asignatura subidas a YouTube son los siguientes videos:

Clase inicial de medición de luz 1ª Parte (<http://youtu.be/bLykaBhCxYc>)

Clase inicial de medición de luz 2ª Parte (http://youtu.be/LJ_8MVtH2Jo)

2ª práctica.- Medición de luz (otras formas de realizarla) (<https://youtu.be/ZiPnLtGOxw0>)

3ª práctica.- Trabajo con las velocidades de obturación (<https://youtu.be/YzS9ifHEjqU>)

5ª práctica.- Práctica sobre la profundidad de campo (<https://youtu.be/XE2O3ldYgEU>)

5ª práctica.- El revelado de un carrete fotoquímico en blanco y negro (http://youtu.be/mO6W1UI_XK8)

8ª práctica.- Revelado de carrete fotoquímico en laboratorio (https://youtu.be/mO6W1UI_XK8)

Si tomamos en consideración que una de las motivaciones principales que animaron su desarrollo y aplicación fue tratar de minimizar los problemas de comprensión para los alumnos y alumnas extranjeros, su funcionalidad y acierto ha sido también reconocido y agradecido por los propios alumnos autóctonos.

Como dato que puede dar justa medida de la eficacia de su uso, señalar que la necesidad de tutorización particular para volver a explicar, de forma general, lo expuesto durante el



Figure 4. Detalle de grabación con el arnés, brazo extensible y cámara

Se han evidenciado múltiples posibilidades que ofrece la plataforma para realizar actividades docentes en modalidad no presencial. Los resultados que se han obtenido han sido satisfactorios. Una de las ventajas de utilizar Moodle es para la universidad que no tiene que reservar aulas físicas para el curso y para el profesorado que puede planificar las tareas a cualquier

hora y luego cuelga la información en el momento que estime oportuno. Y para el alumnado que no tiene que desplazarse a la Universidad y puede estudiarlo cuando quiera y donde quiera [5].

V. CONCLUSIONES

Esta comunicación reconstruye el proceso de aprendizaje del alumno y del profesor en el desarrollo del curso, sobre todo en el uso de las nuevas tecnologías para el diseño de situaciones que van a permitir el aprendizaje. En esta comunicación se detalla el método docente llevado a cabo en la realización del curso.

Se realizaron las videoclases relacionadas con los temas de la asignatura. Estas clases pretendían simular la situación de aprendizaje que se produce en un aula durante la presentación de la clase magistral del profesor Francisco Javier Ruiz San Miguel. Las clases magistrales todavía son una forma válida de transmisión de información. Estos videos intentan dar una base teórica y práctica de los temas.

Moodle favorece una evaluación formativa y holística de los procesos formativos. Se descubre el progreso, proceso y evolución de aprendizaje relacionado con el diseño, desarrollo y evaluación de un Material Educativo Multimedia (MEM). Es un elemento curricular fundamental para su desarrollo profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad de Málaga (UMA) por la ayuda prestada en la realización de la investigación. También agradecemos a la Universidad Nacional de Loja (UNL) y a la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) por difundir los conocimientos sobre para la enseñanza virtual. Asimismo, agradecemos a los revisores del manuscrito las aportaciones realizadas en la elaboración del texto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] C. Roith. "Las nuevas tecnologías de la información y comunicación en la planificación y realización de un curso virtual de máster universitario". *Caracciolos*, 1, 1, 2013.
- [2] C. Fernández Sola y otros, "Incorporación de materiales en soporte informático para la docencia virtual de procedimientos de enfermería y otras materias" en: II Memoria de Actividades Docentes en el Marco del EEES de la Universidad de Almería, 3, 2008.
- [3] J. Ortiz Zamora, Estrategias de docencia online en curso de Photoshop de la universidad de Alicante, XI Jornadas de Redes de investigación en docencia universitaria. Retos de futuro en la enseñanza superior: docencia e investigación para alcanzar la excelencia académica. Universitat d'Alacant, pp. 218-228, 2013.
- [4] J. Cabero Almenara; E. López Meneses y A. Jaén Martínez. "Los portafolios educativos virtuales en las aulas universitarias. Instrumentos didácticos para la innovación docente y la calidad de los procesos de

enseñanza y aprendizaje". *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 1, 31, pp. 43-70, 2014. Disponible en: http://rca.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/0212-5374/article/view/11604. Fecha de acceso: 12 feb. 2016

- [5] J.I. Aguaded Gómez et al. Plataformas de teleformación para la virtualización de asignaturas en las universidades andaluzas. Huelva, Universidad de Huelva, 2010.
- [6] I. Marín Gutiérrez, J.I. Aguaded Gómez y R. Tirado Morueta "Comparativa entre plataformas de teleformación para la virtualización de asignaturas en cuatro universidades andaluzas" en M. Aguilar Gil (coord.) Construcciones y deconstrucciones de la sociedad. Toledo, Asociación Castellano Manchega de Sociología. 2010.
- [7] F.J. García Peñalvo, *Advances in E-learning: experiences and methodologies*. London, IGI Global, 2008.
- [8] M.P. Prendes, Plataformas de campus virtual con herramientas de software libre: Análisis comparativo de la situación actual en las universidades españolas, Murcia, 2009. Disponible en <http://www.um.es/campusvirtuales/informe.html>: Informe del Proyecto EA-2008-0257 de la Secretaría de estado de Universidades e Investigación.
- [9] I. Marín Gutiérrez y R. González-Piñal Pacheco y M. García Palomo. "Una conceptualización de las plataformas de teleformación para todos" en F. Albuquerque Costa, E. Cruz y J. Viana (Org.) I Encontro Internacional TIC e Educação. Inovação Curricular com TIC. Lisboa. Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2010.
- [10] S. De la Torre. "La universidad que queremos. Estrategias creativas en el aula universitaria". *Revista Digital Universitaria*, 10(12), pp. 1-17, 2009.
- [11] E.T. Hall. *La dimensión oculta*. Madrid, Editorial Siglo XXI, 2005.
- [12] D. Carabantes; A. Carrasco & J. Daniel. "La innovación a través de entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje". *RIED, Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 8, 1-2, pp. 105-126, 2005
- [13] J.M. Correa Gorospe. "La integración de plataformas de e-learning en la docencia universitaria: Enseñanza, aprendizaje e investigación con Moodle en la formación inicial del profesorado". *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa-RELATEC*, 4(1), pp. 37-48, 2005.
- [14] M. Navarro Buendía. Proyecto fin de carrera: Evaluación de plataformas de e-learning de licencia pública. Valencia, Universidad de Valencia, 2004.
- [15] J. Muñoz Arteaga et al. "Objetos de aprendizaje integrados a un sistema de gestión de aprendizaje", *Revista Apertura*, 6 (3), pp. 109-117. 2006
- [16] M.D. Fernández & A.S. González. "Estrategias didácticas creativas en entornos virtuales para el aprendizaje". *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 9(2), pp. 1-21, 2009.
- [17] J. Sánchez-Santamaría, P. Sánchez-Antolín & F.J. Ramos, F. J. "Usos Pedagógicos De Moodle En La Docencia Universitaria Desde La Perspectiva De Los Estudiantes". *Revista iberoamericana de educación*, 60, pp.15-38. 2012.
- [18] J. Salinas. *Comunidades virtuales y aprendizaje digital*. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2003.
- [19] M.P. Prendes. "Trabajo colaborativo en espacios virtuales", En J. Cabero, F. Martínez & J. Salinas (Coords). *Medios y herramientas de comunicación para la educación universitaria*, Panamá, Edutec, pp. 193-206. 2003.
- [20] M. Llamas-Nistal & F.A. Mikic-Fonte, "Generating OER by Recording Lectures: A Case Study," in *Education, IEEE Transactions on*, 4 (57), pp.220-228. 2014 doi: 10.1109/TE.2014.2336630
- [21] N. Bos, C. Groeneveld, J. van Bruggen & S. Brand-Gruwel, "The use of recorded lectures in education and the impact on lecture attendance and exam performance". *British Journal of Educational Technology*. 2015. doi: 10.1111/bjet.12300

Estudo da Usabilidade do SClínico

Usability Study of SClínico

João Pavão¹, Rute Bastardo², Marta Covêlo³, Luís Torres Pereira⁴, Norberto Gonçalves⁵

Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

^{1,4} INESC TEC, ⁵ CITAB, ^{2,3} UTAD

Vila Real, Portugal

¹jpavao@utad.pt, ²rbpinto@utad.pt, ⁴tpereira@utad.pt,

³njg@utad.pt

Alexandra Queirós, Nelson Pacheco Rocha

Universidade de Aveiro,

IEETA - Instituto de Engenharia Eletrónica e Informática de Aveiro

Aveiro, Portugal

alexandra@ua.pt, npr@ua.pt

Victor Costa

Centro Hospitalar de Trás-os-Montes e Alto Douro

Vila Real, Portugal

vcosta@chtmad.min-saude.pt

Resumo — A utilização de aplicações informáticas de suporte ao registo clínico está, atualmente, bastante generalizada, fruto do incremento da complexidade dos cuidados de saúde e da necessidade de otimizar recursos humanos e materiais. A capacidade de os profissionais de saúde acederem à informação clínica de forma expedita é um fator determinante na qualidade da prestação dos cuidados de saúde. Assim, a avaliação da usabilidade das aplicações de saúde torna-se fundamental. O presente estudo teve como objetivo avaliar a usabilidade do SClínico, através de um questionário especialmente desenvolvido para o efeito, e realizou-se em ambiente hospitalar. O SClínico é uma aplicação de registo clínico eletrónico utilizada em larga escala nas instituições públicas de saúde portuguesas. Os resultados demonstram que algumas questões de usabilidade do SClínico necessitam de ser melhoradas. Entre estas salienta-se a necessidade de ter uma visão holística do registo clínico dos pacientes e, simultaneamente, aceder rapidamente aos detalhes relevantes para as diferentes situações clínicas.

Palavras Chave - Usabilidade; Registo eletrónico de saúde; SClínico.

Abstract — The use of electronic health records to support health activities is currently quite widespread, due to the increasing complexity of health care and the need to optimize human and material resources. The requirement of health care professionals to access clinical information expeditiously is a key factor in the quality of health care services. Therefore, the assessment of the usability of the health of applications is crucial. The objective of this study was to evaluate the usability of SClínico through a questionnaire especially developed, and it took place in an hospital environment. The SClínico is an electronic health record application used on a large scale in public Portuguese healthcare institutions. The results show that SClínico has some usability issues that need to be improved. Among these we highlight the

need to take a holistic view of the patient's health record and simultaneously quick access to relevant details for different clinical situations.

Keywords - Usability; Electronic Health Record; SClínico.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de sistemas de informação é, por si só, muito complexo e a complexidade e responsabilidade associadas aumentam quando se trata de sistemas na área da saúde. Normalmente são sistemas que pretendem suportar processos que requerem níveis colaborativos elevados, envolvendo um grande número de intervenientes com perfis distintos (médicos, enfermeiros, terapeutas, assistentes sociais, entre outros) [1]. Acresce-se que as profissões ligadas à prestação de cuidados de saúde podem condicionar de forma acentuada as capacidades dos profissionais e remetê-los para um quadro constante de *stress*. Também o alargado número contínuo de horas laborais, assim como os turnos rotativos, promovem perturbações de sono, cansaço e défice de atenção [2].

Consideram-se sistemas de informação em saúde, os sistemas que permitem arquivo e processamento de informação clínica, assim como troca e partilha dessa informação com o objetivo de promover a saúde, prevenir e tratar a doença [3]. Um registo clínico eletrónico é uma mais-valia na prestação de cuidados de saúde, quer para o paciente, quer para a organização. A utilização de registos clínicos eletrónicos permite uma prestação de cuidados mais segura, acessível e eficiente, porém envolve mudanças a diferentes níveis desde a relação com os pacientes, profissionais de saúde e mesmo nas organizações de saúde [4].

Nem sempre é fácil definir o que registar, ou de que forma registar, principalmente porque os dados tem que ser convenientemente contextualizados, o que, por vezes, é difícil de conseguir com as aplicações informáticas existentes. A falta de normalização relativamente aos dados clínicos e respetivos contextos de utilização pode traduzir-se numa fraca interoperabilidade semântica da informação clínica, o que inviabiliza a sua utilização noutros locais e/ou por profissionais diferentes [5].

Um registo de informação clínica de qualidade é fundamental. Por outro lado, têm que ser disponibilizados mecanismos adequados e eficientes que possibilitem a visualização da informação clínica registada sempre que necessário [6]. De facto, a utilização da informação clínica é muitas vezes realizada em diferentes contextos como, por exemplo, numa Consulta de Ambulatório, onde existe disponibilidade temporal, ou no Serviço de Urgências, onde é fundamental um rápido acesso à informação clínica o mais completa possível. A capacidade de adaptação das aplicações informáticas a diferentes situações condiciona a maior ou menor facilidade com que os profissionais acedem à informação em contextos específicos, o que, necessariamente, tem impacto na prestação dos cuidados.

Segundo Zahabi e colegas [6], alguns dos problemas ao nível da implementação de sistemas eletrónicos de registo clínico podem estar relacionados com questões de usabilidade como, por exemplo, pouca legibilidade, fraca identificação de alarmes ou *feedback* insuficiente sobre as ações efetuadas. Considerando que as aplicações de registo clínico são ferramentas fundamentais na prestação de cuidados atual, torna-se, assim, importante avaliar a sua usabilidade [7].

No âmbito dos hospitais públicos portugueses, os registos clínicos são realizados em formato eletrónico desde 1988, com o recurso a um sistema de informação comum, conhecido como SONHO e a duas aplicações específicas para médicos e enfermeiros, respetivamente o Serviço de Apoio ao Médico (SAM) e o Serviço Apoio à Prática de Enfermagem (SAPE), as quais vigoraram até 2013. Em 2014, a aplicação conhecida como SClínico veio substituir as duas anteriores, por integração dos perfis médico e enfermeiro.

Segundo a empresa pública responsável pelo desenvolvimento do SClínico, Serviços Partilhados do Ministério da Saúde (SPMS), este está presente em mais de 50 Centros Hospitalares, Misericórdias e Institutos, tendo mais de 60.000 utilizadores registados. Está também presente em mais de 300 instituições de cuidados de saúde primários com mais de 13.000 profissionais registados [8].

Este estudo realizou-se em contexto hospitalar e teve como objetivo avaliar a usabilidade do SClínico, através de um questionário aplicado a profissionais de saúde, designadamente médicos e enfermeiros.

II. TRABALHO RELACIONADO

A nível internacional existem bastantes estudos de usabilidade de registos clínicos eletrónicos, focando diferentes aplicações [9-14]. Há também esforços de normalização da avaliação de usabilidade de registos clínicos eletrónicos, numa tentativa de encontrar uma base comum para uma metodologia

de avaliação, o que é fundamental para a realização de estudos comparativos [15, 16].

Segundo Saitwal et al. [17], alguns registos clínicos eletrónicos não têm interfaces amigáveis, pois muitas vezes não consideram o desenvolvimento centrado no utilizador. Considerar as questões relacionadas com a usabilidade pode melhorar a aplicação tornando-a fácil de utilizar, fácil de aprender e resistente ao erro. No estudo de Saitwal et al. [17] foi avaliado um sistema de informação em saúde com o método de análise cognitiva e foi possível identificar pontos de melhoria, nomeadamente através da redução do número de passos para executar determinadas tarefas e do esforço cognitivo necessário para a sua execução.

Já Edward et al. [18] defendem que a usabilidade dos sistemas de registo clínico é crucial para garantir a segurança e para permitir que os profissionais de saúde se concentrem mais nos utentes e menos na tecnologia. Estes autores utilizaram o método de avaliação heurística para identificarem pontos de possíveis melhorias ao nível da usabilidade de um registo clínico eletrónico em pediatria. Os resultados da avaliação permitiram mudanças imediatas na configuração do sistema e materiais de formação.

Tendo em conta uma tendência mundial para considerar a usabilidade como um dos fatores importantes na implementação de registos clínicos eletrónicos, a *American Medical Informatics Association* (AMIA) definiu um grupo de trabalho para estudar e fazer recomendações ao nível da usabilidade de registos clínicos eletrónicos [19].

Em Portugal, até à data, não se conhecem trabalhos publicados de avaliação de usabilidade do SClínico, provavelmente devido ao ainda curto espaço de tempo em que este se encontra em funcionamento. Existem também poucos trabalhos de usabilidade relacionados com os seus antecessores, o SAM e o SAPE [17, 18].

Assim, não havendo evidências sólidas sobre a usabilidade dos registos clínicos eletrónicos no setor público nacional e dado o crescente interesse da comunidade internacional nas questões de usabilidade dos registos clínicos eletrónicos, importa fazer uma avaliação de usabilidade do SClínico.

III. MÉTODOS

Este estudo decorreu no Hospital de S. Pedro do Centro Hospitalar de Trás-os-Montes e Alto Douro (CHTMAD) e teve como objetivo avaliar a usabilidade do SClínico, através de um questionário aplicado aos seus utilizadores principais, médicos e enfermeiros.

O método de avaliação da usabilidade através de questionários mede a eficiência, a satisfação, a utilidade do sistema e a qualidade da informação, entre outros parâmetros [20]. Os questionários assumem, geralmente, a forma de escalas validadas, no entanto, estudos apontam para uma falta de especificidade das mesmas em relação aos registos clínicos eletrónicos [15]. No caso de um estudo exploratório como o presente, pretendeu-se perceber que parte ou partes do SClínico estarão mais suscetíveis a problemas de usabilidade. Desta forma será possível, numa fase posterior, delimitar um grupo de questões e, em consequência, escolher, de entre as escalas

de avaliação de usabilidade existentes, as mais adequadas para o esclarecimento das questões de usabilidade mais determinantes.

O questionário foi desenvolvido no âmbito de um trabalho de mestrado [21] tendo por base a realização de uma pesquisa bibliográfica. É composto em duas secções, tendo a primeira a ver com aspetos demográficos e a segunda com os aspetos de interação com o SClínico. Esta segunda secção é composta por 45 questões, sendo que se o inquirido realizasse urgências teria que responder a mais quatro questões específicas para o contexto de urgência. A grande parte das questões é de resposta fechada, sendo sete de resposta aberta com o objetivo de especificar algumas das respostas fechadas.

As perguntas relativas à segunda secção podem agrupar-se segundo os seguintes aspetos, tal como preconizado noutros estudos [22]:

- Desempenho do sistema (10 perguntas).
- Clareza da informação (12 perguntas).
- Qualidade da interface gráfica (12 perguntas).
- Adequação das funcionalidades do sistema às tarefas desempenhadas (11 perguntas genéricas mais 4 perguntas relativas especificamente ao Serviço de Urgências).

O presente estudo foi autorizado pelas autoridades competentes do CHTMAD e todos os intervenientes foram previamente informados dos objetivos do estudo e aceitaram participar nele.

O questionário foi aplicado a profissionais de saúde, médicos e enfermeiros, que utilizam assiduamente o SClínico. Foi disponibilizado através de um sistema eletrónico de questionários, que faz parte da plataforma informática hospitalar.

A recolha dos dados foi feita por um membro da equipa de investigação que se deslocou durante os meses de Maio e Junho de 2014 aos diferentes serviços do Hospital de S. Pedro onde foi providenciado um espaço dedicado à receção dos inquiridos.

IV. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

A população disponível abrangida pelo questionário era composta por 1253 elementos, dos quais 426 eram médicos e 827 eram enfermeiros. De referir que existia uma pequena minoria que não utilizava o sistema SClínico na sua prática diária pelo que foi excluída da amostra. Os questionários foram realizados nos serviços de Pediatria, Oncologia, Cirurgia, Medicina, Urgências, Cuidados Intensivos e Gastrenterologia, envolvendo uma amostra de conveniência de 22 médicos e 47 enfermeiros.

A idade dos inquiridos varia entre os 26 e os 58 anos, sendo que no corpo médico as idades variam entre os 26 e os 58 anos, enquanto no corpo de enfermagem variam entre os 27 e os 55 anos. A idade média é de 43 anos (com o desvio padrão de 11,8) na classe médica e 38 anos (desvio padrão de 8,3) na classe enfermagem.

A maioria dos inquiridos é do sexo feminino em ambos os perfis sendo, no seu conjunto, 75% do sexo feminino e 25% do sexo masculino.

Em relação ao tempo de serviço, 15% dos profissionais tem 5 ou menos anos de serviço, 32% de 5 a 15 anos, 34% de 16 a 25 anos e 19% entre 26 a 35 anos de serviço.

No que diz respeito ao que a população inquirida pensa sobre o SClínico como ferramenta de registo clínico (Figura 1) apenas 44% dos médicos pensa que é um registo clínico eletrónico apropriado, enquanto 17% não responderam. No que diz respeito aos profissionais de enfermagem, 59% dos inquiridos respondeu positivamente quando questionados se o SClínico é um registo clínico eletrónico apropriado, sendo apenas 13% os que não responderam.

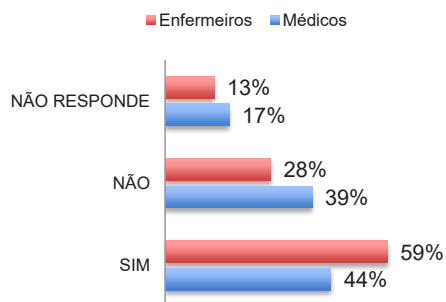


Figure 1. Percentagem de respostas à questão: Considera o SClínico apropriado para o auxílio do registo clínico?

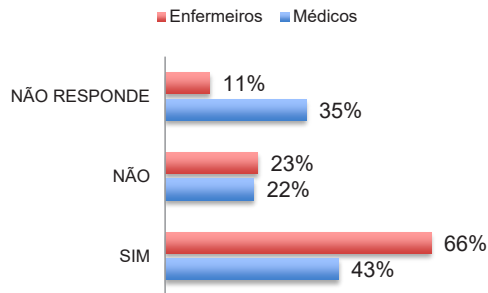


Figure 2. Percentagem de respostas à questão: Considera que o SClínico favorece o seu desempenho profissional?

Relativamente à apreciação se a aplicação SClínico favorece o desempenho dos profissionais (Figura 2), 22% dos médicos respondeu negativamente e 35% não responderam, enquanto 23% dos enfermeiros responderam negativamente e 11% não responderam. A principal razão, no caso dos médicos, está relacionada com a organização da informação que parece pouco adequada às necessidades destes utilizadores. No caso dos enfermeiros foram apontados, para além desta razão, o sistema de cores utilizado e alguma ambiguidade relativa a

alguns campos de informação (por exemplo, no menu inicial o desenho dos ícones é por vezes ambíguo e de difícil diferenciação e as cores não ajudam o utilizador a perceber graficamente o estado das hiperligações).

Quando questionados sobre se o ambiente gráfico se mantém favorável ao fim de horas consecutivas de trabalho (Figura 3), a maioria dos médicos mostrou-se satisfeita (52%), enquanto 31% dos médicos manifestaram-se não satisfeitos. É de realçar uma grande diferença de opinião em relação a esta questão entre os médicos e os enfermeiros, dado que 66% dos profissionais de enfermagem se encontram insatisfeitos, existindo apenas 34% de satisfeitos.

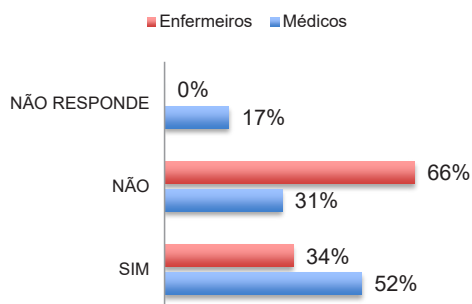


Figure 3. Percentagem de respostas à questão: Considera o ambiente gráfico do SClínico, após horas de trabalho consecutivas, favorável para o seu desempenho profissional?

No que diz respeito ao trabalho no Serviço de Urgências, especificamente em relação à facilidade de efetuar pesquisas fundamentais para a avaliação clínica do paciente (Figura 4), a maioria pensa que o SClínico não é adequado, uma vez que 57% dos médicos e 53% dos enfermeiros responderam nesse sentido.

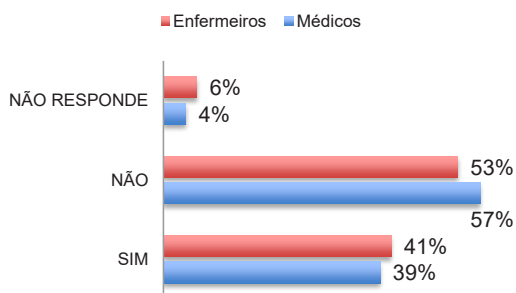


Figure 4. Percentagem de respostas à questão: Considera o SClínico, em casos urgentes, adequado a pesquisas fundamentais para a avaliação clínica do paciente?

A maioria dos profissionais pensa que é muito importante, ou mesmo determinante, ter acessos dedicados à informação dos pacientes nos casos de urgência, que acelerem e facilitem as pesquisas e manifestaram-se desapontados relativamente ao

SClínico. A principal razão apontada está relacionada com a lentidão do sistema, não sendo claro se esta se deve a questões relacionadas com as redes de comunicação ou a questões relacionadas com a usabilidade (por exemplo, necessidade de um elevado número de ações utilizando o dispositivo apontador ou organização deficiente da informação).

Uma das funcionalidades mais desejadas por todos os profissionais é a capacidade de visualizar a informação do paciente de um modo integrado, ou holístico, que cubra todo o historial clínico do paciente, dentro do mesmo campo visual. Esta forma de visualização permitiria aferir e correlacionar, de um modo rápido, diferentes aspetos clínicos de um paciente, constituindo-se na porta de entrada para o acesso direto à informação deste. Esta questão foi colocada no questionário e 100% de ambos os grupos profissionais acharam importante a existência de funcionalidades deste tipo.

V. DISCUSSÃO

As questões suscitadas pela análise do questionário colocam diversos problemas de usabilidade que necessitam de ser analisadas com mais detalhe. Um desses problemas tem a ver com a carga cognitiva. Segundo Zahavi [6] a sobrecarga de informação surge quando a capacidade perceber e compreender é excedida pela quantidade de dados apresentada por uma interface, ao ponto de se cometerem erros no processamento da informação. Haverá algum trabalho a fazer neste campo, no que diz respeito à melhor organização da informação e a uma revisão da interface gráfica, demasiado plana com fraco contraste de cores. Para além de problemas com a carga cognitiva este fator indicia potenciais problemas na apresentação efetiva da informação. Alguns dos profissionais de enfermagem inquiridos referiram também alguma ambiguidade relativa a alguns campos de informação o que coloca problemas de uso efetivo da linguagem.

Analisando o comportamento entre os utilizadores e o SClínico quando os seus utilizadores se encontram expostos durante horas consecutivas, existe uma grande percentagem de profissionais insatisfeitos, devido ao cansaço e à diminuição da capacidade cognitiva quer devido ao *stress*, ou à diminuição da atenção [2]. Neste aspeto o grupo de profissionais de enfermagem parece ser o mais afetado. Como é este grupo profissional que assinala com mais ênfase problemas relacionados com a capacidade cognitiva mesmo em funcionamento normal parece existir aqui um agravamento desses problemas em situações de trabalho prolongado.

No que diz respeito aos profissionais do Serviço de Urgências foram identificados problemas de pouca adaptação/flexibilidade da interface que permita a sua adequação às condições deste serviço. Os inquiridos responderam maioritariamente que é difícil, nas circunstâncias do Serviço de Urgências, efetuar pesquisas consideradas fundamentais para a avaliação clínica do paciente. Uma vez que uma variedade de fatores de usabilidade podem contribuir para este facto como, por exemplo, o desempenho da rede de comunicação, a pouca eficiência em termos de interação ou a apresentação da informação pouco efetiva, será interessante, em termos de trabalho futuro, explorar estas questões mais detalhadamente.

Uma questão que todos os inquiridos acharam importante, conhecida e discutida na área da visualização da informação [23], foi a que está relacionada com a adaptação/flexibilidade da interface, permitindo a visualização holística e integrada do registo clínico de um paciente e, a partir desta, procurar os detalhes relevantes.

VI. CONCLUSÃO

Duas das limitações do estudo relacionam-se com o reduzido tamanho da amostra e o número excessivo de questões do instrumento de avaliação utilizado, o que não impede que se retirem algumas conclusões.

A análise dos resultados da aplicação do questionário de avaliação de usabilidade permite perceber que o uso do SClínico em situações de maior urgência beneficiaria claramente com formas alternativas de visualização da informação, assim como de uma melhor organização das interfaces de modo a permitir modos mais eficientes de introduzir a informação.

Um dos aspetos mais importantes prende-se com a falta de uma visualização integral, ou holística, de todo o registo clínico do paciente, por forma a correlacionar possíveis situações passadas com a situação do episódio em curso. Por outro lado, pretende-se ainda que, em situações de urgência, o acesso aos aspetos do registo considerados de maior interesse seja o mais direto possível.

Apesar de não ser a maioria, muitos profissionais acharam que a exposição prolongada à aplicação coloca problemas de usabilidade devido ao cansaço. Este aspeto, juntamente com críticas apontadas ao esquema de cores, à tipologia plana do desenho da interface, e à forma de apresentação da informação remetem para a necessidade de uma nova abordagem ao desenho da interface gráfica.

Dada a vulgarização do SClínico nas unidades assistências portuguesas importa aprofundar convenientemente os pontos menos positivos apontados pelos profissionais de saúde. Na verdade, considerando as dezenas de milhares de profissionais que utilizam diariamente o SClínico como suporte às suas atividades clínicas, uma pequena melhoria na sua usabilidade pode traduzir-se, globalmente, em ganhos de eficiência consideráveis. Por isso, com base neste estudo, os autores estão a preparar um segundo estudo a ser realizado num futuro próximo que se baseará em instrumentos adicionais e que será estendido a outras unidades de saúde.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho de Administração do CHTMAD por todo o apoio disponibilizado, bem como a todos os profissionais de saúde deste Centro Hospitalar que aceitaram participar no estudo reportado neste artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. D. F. Marin, "Sistemas de informação em saúde: considerações gerais," *J. Heal. Informatics*, vol. 2, no. 1, pp. 20–24, 2010.
- [2] J.-C. C. Marquié, P. Tucker, S. Folkard, C. Gentil, and D. Ansiau, "Chronic effects of shift work on cognition: findings from the VISAT longitudinal study," *Occup. Env. Med.*, vol. 72, no. 4, pp. 258–264, 2015.
- [3] G. Rouleau, M.-P. P. Gagnon, and J. Côté, "Impacts of information and communication technologies on nursing care: an overview of systematic reviews (protocol)," *Syst. Rev.*, vol. 4, no. 1, p. 75, 2015.
- [4] F. S. Mair, C. May, C. O'Donnell, T. Finch, F. Sullivan, and E. Murray, "Factors that promote or inhibit the implementation of e-health systems: an explanatory systematic review," *Bull. World Heal. Organ.*, vol. 90, no. 5, pp. 357–364, 2012.
- [5] C. Mart'inez-Costa, M. Menárguez-Tortosa, and J. T. Fernández-Breis, "An approach for the semantic interoperability of ISO EN 13606 and OpenEHR archetypes," *J. Biomed. Inf.*, vol. 43, no. 5, pp. 736–746, 2010.
- [6] M. Zahabi, D. B. Kaber, and M. Swangnetr, "Usability and Safety in Electronic Medical Records Interface Design: A Review of Recent Literature and Guideline Formulation," *Hum. Factors*, vol. 57, no. 5, pp. 805–834, 2015.
- [7] G. Bhutkar, A. Konkani, D. Katre, and G. G. Ray, "A review: healthcare usability evaluation methods," *Biomed. Instrum. Technol.*, vol. Suppl., pp. 45–53, 2013.
- [8] SPMS, "SPMS," 2016. [Online]. Available: <http://spms.minsaude.pt/product/sclinico/>. [Accessed: 15-Jan-2016].
- [9] A. M. Association, "Improving Care: Priorities to Improve Electronic Health Record Usability," 2014.
- [10] R.-C. C. Feng and P. Chang, "Usability of the Clinical Care Classification System for Representing Nursing Practice According to Specialty," *Comput. Inf. Nurs.*, vol. 33, no. 10, pp. 448–455, 2015.
- [11] L. B. Villa and I. Cabezas, "A review on usability features for designing electronic health records," in *e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), 2014 IEEE 16th International Conference on*, 2014, pp. 49–54.
- [12] M. Choi, H. S. Lee, and J. H. Park, "Usability of Academic Electronic Medical Record Application for Nursing Students' Clinical Practicum," *Heal. Inf. Res.*, vol. 21, no. 3, pp. 191–195, 2015.
- [13] S. J. Czaja, C. Zarcadoolas, W. L. Vaughan, C. C. Lee, M. L. Rockoff, and J. Levy, "The usability of electronic personal health record systems for an underserved adult population," *Hum. Factors*, vol. 57, no. 3, pp. 491–506, 2015.
- [14] M. A. Clarke, J. L. Belden, and M. S. Kim, "Determining differences in user performance between expert and novice primary care doctors when using an electronic health record (EHR)," *J. Eval. Clin. Pr.*, vol. 20, no. 6, pp. 1153–1161, 2014.
- [15] C. M. Johnson, D. Johnston, and P. K. Crowle, "EHR Usability Toolkit: A Background Report on Usability and Electronic Health Records," *Rockville, MD Agency Healthc. Res. Qual.*, 2011.
- [16] J. Zhang and M. Walji, "Better EHR: usability, workflow and cognitive support in electronic health records," *Strateg. Heal. IT Adv. Res. Proj. (SHARPC), Natl. Cent. Cogn. Informatics Decis. Mak. Healthc.*, 2014.
- [17] H. Saitwal, X. Feng, M. Walji, V. Patel, and J. Zhang, "Assessing performance of an Electronic Health Record (EHR) using Cognitive Task Analysis," *Int. J. Med. Inf.*, vol. 79, no. 7, pp. 501–506, 2010.
- [18] P. J. Edwards, K. P. Moloney, J. A. Jacko, and F. Sainfort, "Evaluating usability of a commercial electronic health record: A case study," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 66, no. 10, pp. 718–728, 2008.
- [19] B. Middleton, M. Bloomrosen, M. A. Dente, B. Hashmat, R. Koppel, J. M. Overhage, T. H. Payne, S. T. Rosenbloom, C. Weaver, J. Zhang, and A. M. I. Association, "Enhancing patient safety and quality of care by improving the usability of electronic health record systems: recommendations from AMIA," *J. Am. Med. Inf. Assoc.*, vol. 20, no. e1, pp. e2–8, 2013.

- [20] A.I. Martins, A. Queirós, N.P. Rocha and B.S. Santos, "Avaliação de usabilidade: uma revisão sistemática da literatura," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, vol. 11, no. 1, pp. 31-44, 2013.
- [21] M. Covêlo, "Interface para Aplicação Informática de Suporte Clínico em Ambiente Hospitalar," *Dissertação de Mestrado*, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2015.
- [22] J. R. Lewis, "Psychometric evaluation of the PSSUQ using data from five years of usability studies," *Int. J. Hum. Comput. Interact.*, vol. 14, no. 3-4, pp. 463-488, 2002.
- [23] D. L. Hansen, B. Schneiderman, and M. A. Smith, *Analyzing social media networks with NodeXL: insights from a connected world*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann, 2011.

Comparison of MCDM methods with Users' Evaluation

Lukas Kralik, Roman Senkerik, Roman Jasek

Faculty of Applied Informatics

Tomas Bata University in Zlin

Zlin, Czech Republic

{kralik,senkerik,jasek}@fai.utb.cz

Abstract — This paper responds to requirement to improve the orientation between offered SW, as ITIL tools. There are really a lot of amount thus offered tools and very often leads to poor implementation of ITIL on the basis of incorrectly chosen tools. Main objective of this paper is to provide an overview about possibilities of choosing a suitable tool. Simultaneously, the research described in this paper will serve for further work on creating a methodology for evaluation of ITIL tools.

Keywords - ITIL, ITIL tools, ITSM, IT service support, ITIL implementation, multicriterial evaluation, MCDM.

I. INTRODUCTION

With development of information and communication technologies (ICT) and their intrusion into all sectors, gaining management and delivery of IT services different dimension and meaning. The quality of providing or managing of IT services can greatly affect the operation or performance of the company. For this reason it was introduced, the now internationally acclaimed standard known as ITIL. It is an abbreviation for Information Technology Infrastructure Library. It is a set of concepts and practices that allow better planning, use and improve the use of IT, whether by the providers of IT services or by the customers.

ITIL is a collection of books in the form of extensive and widely available manual for IT service management. The experiences and recommendations have become best practices. Provide sufficient flexibility to adapt the recommendations from books ITIL requirements and needs of a specific corporation. ITIL provides a free available framework, covering the entire cycle of IT services. ITIL is suitable for all companies that operate IT services. As a framework, ITIL is full of tips, warnings, knowledge, omissions, instruction, warnings and things to do or not do. One of the greatest benefits of ITIL is a fact that it is based on experience of others.[1]-[6]

According current version of ITIL v3, it is possible to say that ITIL tool is an arbitrary software tool which use leads to provably improve and streamline the providing and managing IT services. There is only one condition – it must be a SW. [7]

The uses of ITIL tools are complicated due to the wide range of offered tools and often very expensive. This caused and to a certain extent still causes small and medium companies are disinterest of the use of ITIL. On the other hand, recently is beginning to discover significant amounts of Free and Open Source SW even between ITIL tools.[7][8]

II. METHODS

Three methods of multicriterial decision making were chose for the purpose of this research.

1. Scoring method
2. Fuller's method (pairwise comparison)
3. Saaty's method (quantitative pairwise comparison)

The results of these methods were compared with an evaluation from users. The main objective of this comparison is to design a methodology for evaluation ITIL tools. The intended methodology must be simple and understandable for every reader. This fact is a reason for the choice of above mentioned methods. Mathematic operations in these methods are simple and it is clear to understand them without any deeper knowledge from mathematics.[8]

A. Scoring method

This method assumes that user is able to quantitatively evaluate an importance of criteria. A user evaluates i-th criterion with b_i value if this value is in selected scale (e.g. $b_i \in <0,100>$). A higher value means a higher importance of evaluated criterion. A user can assign same value during the evaluation process and also user does not have to choose only integers. Although, scoring method requires quantitative evaluation from user but at the same time it allows expression of subjective preferences.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i} \quad (1)$$

The final calculation of weights is simple. Assigned value for each weight is divided by the sum of all values (equation 1).

TABLE I. WEIGHTS DETERMINATION VIA PAIRWISE COMPARISON – FULLER'S METHOD

Criterion	K ₁	K ₂	K ₃	...	K _n
K ₁		1	0	...	1
K ₂			0	...	0
K ₃				...	1
...			
K _{n-1}					0
K _n					

B. Fuller's method

Also it is known as method of Fuller's triangle or mainly pairwise comparison (TABLE I). This method exists in many modifications and it is determined for finding of preferential relations between pair of criteria. In the simplest modification of this method, the number of preferences is found out with the respect to all other criteria [10][11]. This should be done according to TABLE I. If criterion in row is more important than a criterion in column then number 1 is typed into the cell otherwise 0. In agreement with the number of preferences, normalized weights are determined by the following equation (2)[12]

$$v_i = \frac{f_i}{m(m-1)/2} \tag{2}$$

f_i number of preferences of i-th criterion
 m number of criteria
 $m(m-1)/2$ number of comparisons

The disadvantage is a fact while some criterion has 0 preferences than its weight will be 0. That is a problem because this criterion does not be insignificant. [7][12]

Also there is a modification that respects indifference (same significant criteria). In this case, the cell is filled by the number 0,5.[11]

C. Saaty's method

This method is very often called as method of quantitative pairwise comparison ($s_{ij}; i, j = 1, 2, \dots, m$). The s_{ij} defines matrix S and its elements are interpreted as an estimation of division of weights (v_i and v_j) for i-th criterion and j-th criterion. [10][11]

$$s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j}, \text{ for } i, j = 1, 2, \dots, m. \tag{3}$$

Weights should be approximated from a condition that S matrix (s_{ij}) differ only minimally from V matrix (matrix contained from weights $-v_{ij}$):

$$D = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (s_{ij} - \frac{v_i}{v_j})^2 \rightarrow \min, \sum_{i=1}^m v_i = 1. \tag{4}$$

A special vector of S matrix, which is assigned to the highest number, is used for approximation of weights. The Saaty's scale of relative importance is used for defining s_{ij} (described in more details in TABLE II).[12]

TABLE II. SAATY'S SCALE OF RELATIVE IMPORTANCE

Intensity	Definition
1	Equally important
3	Slightly more important
5	More important
7	Strongly important
9	Absolutely more important
2,4,6,8	intermediate values

It is possible to divide this method into 2 steps. The first one is very similar to pairwise comparison (Fuller's method). The next step is different because this method determines a size of preference with using the scale of relative importance.[7][12]

Determination of weights should be done by minimization method according to equation 4. [12] The solution of S matrix helps to calculate weights v_i with the using of relative weight R_i (equation 5, 6)[10][11]

$$S_i = \prod_{j=1}^m s_{ij} \tag{5}$$

$$R_j = (S_i)^{1/m}, v_i = \frac{R_j}{\sum_{i=1}^m R_j} \tag{6}$$

III. EVALUATION CRITERIA

Availability of Free and Open Source ITIL tools on the market is really wide that cause very difficult orientation between them. This problem is also related to selection of the most appropriate tools for a specific company. Therefore, below are defined and described the basic criteria for selection and evaluation of these tools [7]. However, it is important to say that each company may have different requirements and other criteria. So, same tool is useful for one company and at the same time might be useless for another company.

Basic criteria for Free and Open Source ITIL tools are divided into several groups:

4. Product Functionality
5. Requirements for Free and Open Source Project
6. Specifications
7. User friendliness [8][9]

A. Product Functionality

Criteria relating to the functionality vary by application category. A large number of features do not necessarily mean that the application is better than competing product with a shorter list of features. This point cannot be assessed quantitatively as a measurable criterion of selection, but rather as an overview which may apprise readers and provide them information about the basic functions of the product.[8][9]

This part mainly affects overall evaluation because users (respondents) from the survey provided a complex evaluation.

B. Requirements for Free and Open Source Project

Open source project is meant organizing and managing a group of people who are involved in the development of the product.

Primary criteria related Open Source (TABLE III):

- Duration of the project; version in which the product is available.
- License, under which the product is offered.
- Activity on the mailing lists - community
- Option of commercial support.

- Appropriate documentation - is the absence of the necessary documentation was in the selection of appropriate tools stumbling block relatively large number of projects. The basic requirement in this case, I consider the existence of technical documentation and user documentation.
- Demo application – trial version. [8][9]

TABLE III. VALUES OF REQUIREMENTS FOR FREE AND OPEN SOURCE PROJECT

Value	Scale	Note
Duration of the project		
1	Less than 1 year	New project, high probability of bugs, insufficient testing in practice
2	1 – 2 years	New project tested in practice, minor bugs
3	2 – 4 years	Average duration of Open Source projects, suitable for implementation
4	4 – 5 years	Reliable project, issuing regular updates, at least version 2
5	More than 5 years	Reliable project, issuing regular updates, at least version 5
Activity on the mailing lists - community		
1	Low activity	Incomplete answers, long waiting time for new answer
2	Low – medium activity	Waiting for new answer more than 7 days
3	Medium activity	Waiting for new answer till 7 days
4	Medium – high activity	New answer during few days (3), own community
5	High activity	New answer during one day, own community - forum
Option of commercial support		
1	No	
5	Yes	
Appropriate documentation		
1	Without documentation	
2	Weak	Help + illustrative examples; language: English/Czech/Slovak
3	Average	In electronic form (i.e. PDF) + help; language: English

4	Good	In electronic form (i.e. PDF) + help + illustrative examples; language: English
5	Excellent	In electronic form (i.e. PDF) + help + illustrative examples; language: English/Czech/Slovak
Demo application – trial version		
1	No	
5	Yes	

C. Specifications

Most of the Free and Open Source products use of ready-made programs usually also available under any other Free or Open Source licenses. This covers programs such as the Apache web server, or database servers MySQL, PostgreSQL, e-mail servers Postfix and so on.[8][9]

Technical parameters are therefore a considerable amount and in particular, for each of this software may vary. Therefore, it is evaluation only directly influenced by the following parameters (TABLE IV):

- HW requirements
- Supported operating systems - Cross-platform
- Integration with other SW
- Difficulty of configuration[8][9]

TABLE IV. VALUES FOR SPECIFICATIONS

Value	Scale	Note
HW requirements – RAM		
1	More than 8 GB	
2	4 – 8 GB	
3	4 GB	
4	1 – 3 GB	
5	512 MB – 1 GB	
HW requirements – CPU		
1	Intel i5, i7; AMD Bulldozer core; quadcore	
2	Intel i3, AMD K10 Core; multicore	
3	Intel Dual-Core, AMD K8 Core; Dual-core	
4	Intel Pentium 4, AMD K7 Core; 64-bit single core CPU	
5	Intel Pentium 4, AMD K7 Core; 32-bit single core CPU	
Supported operation system		
1	OS X or Linux	
2	MS Windows 8/8.1	
3	MS Windows 7/8/8.1	
4	MS Windows 7/8/8.1/XP	
5	MS Windows 7/8/8.1/XP, OS X, Linux	
Integration with other SW		
1	No	
2	Yes; Email or Office SW	
3	Yes; Email + Office SW	

4	<i>Yes; Another ITIL tool</i>	
5	<i>Yes; Another ITIL tool + Email + Office SW</i>	
Difficulty of configuration		
1	<i>Very difficult</i>	Command line; need knowledge about programming, scripting and databases on high level
2	<i>Difficult</i>	Command line; advance knowledge about scripting or databases
3	<i>Medium</i>	GUI; advance knowledge about scripting or databases
4	<i>Easy</i>	GUI; basic knowledge about scripting or databases
5	<i>Very Easy</i>	GUI; user knowledge

Other parameters such as licenses, programming language, etc. are given only as a parameter list and have only informative value to the end user, which can serve to more specific evaluation according to the requirements of the specific company. [8][9]

D. User friendliness

User friendliness is the main parameter that affects the user's ability to learn to work with a new product and use all functions. Improperly designed user interface can greatly influence user's work. [8][9]

Evaluation of this criterion is very subjective and based primarily on practical experience. At the same time here enter localization - used language and of course the entire GUI (Graphic User Interface). Some tools are merely for the Command line (TABLE V). [8][9]

TABLE V. VALUES FOR USER FRIENDLINESS

Value	Note
User interface	
1	<i>Command line</i>
2	<i>Command line + simple GUI</i>
3	<i>GUI + command line</i>
4	<i>GUI; confusing structure of GUI</i>
5	<i>GUI; intuitive design of GUI</i>
Language	
1	<i>Other</i>
2	<i>English</i>
3	<i>Slovak</i>
4	<i>Czech</i>
5	<i>Choosing language</i>

IV. RESULTS

Selected MCDM methods were applied on 2 very spread Open Source ITIL tools – Zenos and Nagios.

Whole evaluation contained few minor parts. The first one was collecting data from ca. 40 users (respondents) – simple survey. As was already said, users provided complex evaluation which was based on their practical experiences. So

this evaluation included functionality which was omitted from the evaluation via MCDM methods.

The second step was applying of MCDM methods for determination of weights (TABLE VI).

TABLE VI. CALCULATED WEIGHTS

Criterion	Weight		
	Scoring	Saaty	Fuller
Duration of the project	0,1024	0,0948	0,1043
Activity on the mailing lists - community	0,0768	0,0683	0,0692
Commercial support	0,1024	0,1048	0,0941
Documentation	0,1280	0,1257	0,1335
Trial / demo version	0,0256	0,0336	0,0514
HW requirements – RAM	0,0512	0,0594	0,0601
HW requirements – CPU	0,0512	0,0582	0,0601
Supported OS	0,1024	0,0917	0,0817
Integration	0,0768	0,0851	0,0802
Configuration	0,0768	0,0697	0,0765
User interface	0,1024	0,1204	0,0995
Language	0,1040	0,0883	0,0894
Checksum	1	1	1

The calculating of overall evaluation was performed according to equation 7 and it is expressed in percent.

$$H = [(\sum_{i=1}^n K_i \cdot V_i) / 5] * 100 [\%] \quad (7)$$

Where:

- H..... overall evaluation
- ki..... i-th criterion
- vi..... weight of i-th criterion
- n..... number of criteria

Final results (TABLE VII) show that Fuller's method is closest to the users' evaluation. However, all results are very similar and the greatest difference will be in functionality. For this reason, it is necessary to define suitable set of functional criteria.

TABLE VII. COMPARISON OF MCDM METHODS WITH USERS' EVALUATION

Method	Zenos		Nagios	
	points	[%]	points	[%]
Scoring	3,72	74,30	3,89	77,89
Saaty	3,78	75,66	3,99	79,71
Fuller	3,80	75,96	4,00	79,97
Users	<i>4,14 ± 0,55</i>	<i>82,8 ± 11</i>	<i>4,78 ± 0,17</i>	<i>95,6 ± 3,6</i>

CONCLUSION

Due to the widespread of information and communication technologies, which today affects absolutely all human activity, is the use of IT management absolute necessity. ITIL® framework has deal whit this issue with more than 20 years of experience. It gathers the best experience in IT management and provides advice and tips on how companies can improve overall IT management efficiency.

The main objective of this research was to design a procedure for evaluating Free and Open Source ITIL tools. Licenses for commercial products are often going up to the order of hundreds of thousands of Czech crowns. And even so there is no guarantee that the product purchased for individual company is the right solution. Another option is to choose from Free or Open Source solutions. However, they are on the rise and each year comes a large amount of new projects. Not all of them have high quality and have a future. Another fact is the absence of a database or a web portal, which would be devoted to the issue. Based on these fact was created project about the evaluation of Free and Open Source ITIL tools. This project and all results may help with proposal of methodology for evaluation of ITIL tools which is main objective of author's doctoral thesis.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic within the National Sustainability Programme project No. LO1303 (MSMT-7778/2014) and also by the European Regional Development Fund under the project CEBIA-Tech No. CZ.1.05/2.1.00/03.0089 and also by the Internal Grant Agency of Tomas Bata University under the project No. IGA/CebiaTech/2016/006.

REFERENCES

- [1] Axelos. 2011. ITIL continual service improvement [online]. 2nd ed. London: TSO, xi, 246 s. ISBN 978-0-11-331308-2. (<http://www.best-management-practice.com>)
- [2] Axelos. 2011. ITIL service design [online]. 2nd ed. London: TSO, 2011, xi, 442 p. ISBN 978-0-11-331305-1. (<http://www.best-management-practice.com>)
- [3] Axelos. 2011. ITIL service operation [online]. 2nd ed. London: TSO, 2011, xi, 370 p. ISBN 978-0-11-331307-5. (<http://www.best-management-practice.com>)
- [4] Axelos. 2011. ITIL service transition [online]. 2nd ed. London: TSO, 2011, xii, 347 p. ISBN 978-0-11-331306-8. (<http://www.best-management-practice.com>)
- [5] Axelos. 2011. ITIL: service strategy [online]. London: Stationery Office, 2011, xii, 264 p. ISBN 978-011-3310-456. (<http://www.best-management-practice.com>)
- [6] Bucksteeg, M. 2012. ITIL 2011. 1. Brno: Computer Press, 216 p. ISBN 978-80-251-3732-1.
- [7] Ho, W., Xu, X., Dey, P.K. 2010. "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review." In: European Journal of Operational Research. P. 16-24.
- [8] Kralik, L., Senkerik, R., Jasek, R. Proposal of evaluation criteria for free and open source tools for modelling and support of it service management according to ITIL. (2015) Proceedings - 29th European Conference on Modelling and Simulation, ECMS 2015, pp. 537-542.
- [9] Kralik, L., Senkerik, R., Nozicka, J. Proposal of categories and availability of ITIL® tools (2015) International Journal of Circuits, Systems and Signal Processing, 9, pp. 222-226.
- [10] Cerny M., Gluckaufova D.: Multicriterial evaluation in practice, Praha: Statni nakladatelstvi technicke literatury, 1982.
- [11] Jiri Fotr, and Lenka Svecova. Managerial decisions: processes, methods and tools, Prague: Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.
- [12] Jiri Krupka, Miloslava Kasparova, and Renata Machova. Decision Processes, Pardubice: University of Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-478-9.
- [13] Oddershede, A., Carrasco, R. 2010. "Methodology to evaluate and improve the QoS ICT networks in the healthcare service." In: 7th International Symposium on Communication Systems, Networks and Digital Signal Processing. p.871-875. ISBN: 978-186135369-6.

Modelo para Rastreamento de Auditorias Bancárias Internas

Uma Solução Orientada pela Modelação Multidimensional

Toward a Model for Tracking Bank Internal Audits

A solution framed on the multidimensional modeling approach

Cláudio Sapateiro

Dept. Sistemas e Informática, EST Setúbal
Instituto Politécnico de Setúbal
Setúbal, Portugal
claudio.sapateiro@estsetubal.ips.pt

Gudilak Constantino

Dept. Sistemas e Informática, EST Setúbal
Instituto Politécnico de Setúbal
Setúbal, Portugal
gudilak@live.com.pt

Resumo — As atividades de auditoria revelam-se como meio de determinar e garantir qualidade operacional e financeira das organizações em geral, em particular das instituições bancárias. Assim, habilitar auditores com medidas e métricas específicas cuja utilização é apoiada por ferramentas tecnológicas que lhes permita planear, executar e monitorizar numa perspetiva de continuidade as ações de auditoria constitui o objetivo geral deste trabalho. Sobre uma abordagem de caso de estudo, propõem-se uma framework que sistematiza o ciclo de vida das auditorias, ou seja, mais precisamente: 1) conceptualização de um modelo de acompanhamento e monitorização contínua do ciclo de vida de auditoria, e 2) integração deste numa abordagem de modelação multidimensional de dados. A articulação destas contribuições providencia uma base para o desenvolvimento de ferramentas de suporte à auditoria. Desenvolveu-se ainda um protótipo ilustrativo de uma ferramenta de apoio às ações de auditoria. Salienta-se que o processo de desenvolvimento do protótipo não constitui-se âmbito do presente trabalho. Para efeito de validação um questionário foi submetido a peritos em auditoria, permitindo aferir que o modelo criado é útil e aplicável.

Palavras Chave - Auditoria Bancária; Ciclo de Auditoria; Business Intelligence; Modelação Multidimensional.

Abstract — Audit activities are the way to determinate and guarantee the efficiency of operational and financial quality of organizations in general, and bank institutions in particular. As so, empowering audit teams with systematic measures which the application is supported by a technological tool that allows to plan, carry out and guide audit actions with a continuity perspective is the overall objective of this work. Adopting a case of study as research approach allowed to elicit the requirements that inform the presented proposal, so the present work yields a Framework proposal that guides a systematization of audit life cycle, which principal contributions are: 1) The Conception of framework to accompany and track the life cycle of auditing, 2) Its integration in the multidimensional data modeling paradigm, which together allow the optimization of work and a guidance for development of a tool that supports the created model. It was an output of this work the development of a

prototype of an illustrative tool. However, the conception process are out of this paper scope. For validation purpose one relied on a questionnaire that was submitted to auditing technicians, allowing to assess the created model on its usefulness. The results of the conducted assessment revealed a satisfactory perspective of experts toward the present work contribution.

Keywords - Bank Audit; Audit Cycle; Business Intelligence; Multidimensional Modeling.

I. INTRODUÇÃO

A gestão moderna procura estruturar as organizações de forma que as suas estruturas internas (departamentos e processos) acrescentem valor aos produtos ou serviços oferecidos tomando-as sustentáveis nos mercados em que operam, tipicamente muito competitivos [1], [2]. Esta realidade das organizações em geral e em particular das que atuam no setor financeiro tornou preeminente o desenvolvimento de uma posição proactiva em relação às atividades de auditoria.

Neste sentido, inicialmente, desenvolveu-se um estudo ao mercado financeiro Angolano que culminou com a respetiva caracterização. Constatou-se que estruturalmente o sistema financeiro Angola é constituído por 23 bancos que são classificados quanto a natureza e quanto a dimensão. Assim, considerando a natureza ¹ e dimensão ² dos bancos, selecionaram-se três instituições bancárias (representativas para os fins do trabalho), onde se identificaram (boas) práticas implementadas nas suas ações, mas, no entanto, “níveis baixo” de medidas sistematizadas e metodologias que propiciem eficácia dos processos de rastreamento de ações de auditoria.

¹ A natureza dos bancos refere-se a sua forma de representação legal (podendo ser de natureza pública, mista, privado nacional e filial de banco estrangeiro)

² A dimensão é definida de acordo com a representatividade do banco no ativo agregado

Assim sendo, neste trabalho, orientou-se a abordagem às auditorias na definição de critérios sistemáticos acompanhados de medidas específicas para planejar, executar e monitorizar as atividades no âmbito destas. Como resultado, obteve-se um modelo conceptual de apoio ao processo de rastreamento de ciclos de auditoria.

A disponibilização de informação precisa às equipas de auditores pressupõem a utilização de instrumentos de gestão e ferramentas tecnológicas fiáveis que auxiliam no processo de extração de dados de múltiplas fontes operacionais, conformação destes, e carregamento, com vista a serem apresentados de forma eficaz ao utilizador final: gestores, decisores e auditores. Assim sendo, definiram-se critérios que permitem o acoplamento do modelo proposto com as melhores práticas da abordagem de modelação de dados multidimensional que orientam a construção de Data Warehouse (DW).

II. TRABALHOS RELACIONADOS

A. A Perspectiva Conceptual: Monitorização

Não obstante as metodologias de monitorização variarem em função da estratégia de negócio e estrutura organizacional o guia para implementação de Controlo Interno - *Framework Integrada* publicada pelo *Committee Of Sponsoring Organizations Of The Treadway Commission* (COSO) sugere que a monitorização, como um elemento integrado do sistema de controlo interno da organização, deve ser implementado com base em três elementos: definir uma base de monitorização, conceber e executar procedimentos de monitorização, e avaliar e reportar resultados [3].

A definição da base de monitorização tem como desígnio determinar regras (objetivos, *baselines* e métricas) que harmonizam o processo de monitorização. O *Cobit framework* apresenta de forma clássica este conceito [4]. Em [5], por exemplo, propõem uma *framework* que consiste num conjunto de regras que visam auditar/monitorizar o desempenho de um DW. Porém esse trabalho, tem um âmbito mais circunscrito do que o que aqui se propõem, uma vez que se foca na avaliação do desempenho operacional de um dos sistemas tecnológicos que constituem o ecossistema dos Sistemas de Apoio à Decisão (SAD).

Ao nível de processos a conceção e execução de procedimentos de monitorização requer definir critérios para os quais seja possível o seu mapeamento na informação relevante existente e operações que os consubstanciam [6]. Esta abordagem permite, como definido em [7], estabelecer diferentes objetivos para diferentes áreas de análise, ou seja, definir critérios que atendam as necessidades/especificidades de cada área, produto e/ou serviço na organização.

Avaliar e reportar resultados, configura um elemento crucial que permite avaliar o grau de gravidade das inconformidades identificadas e apresenta-las aos gestores e/ou auditores de modo que sejam tomadas ações que visam regulariza-las. Entre as ações que podem ser tomadas realça-se a emissão de recomendações e respetivos *follow's up*, que segundo [6] é hoje um paradigma fundamental no

desenvolvimento de ações de auditoria, e é incorporado pela sua própria definição no presente trabalho.

B. A Perspectiva Tecnológica: Suporte Tecnológico

A interação de inúmeros sistemas, que as empresas contemporâneas incorporam, agilizam as suas atividades diárias [8]. A construção de um DW surge da necessidade de coligir informação, para suporte à tomada de decisão, considerando diferentes fontes de dados [7] [9]. Nesta ordem de ideias, [7] apresenta uma solução de auditoria *on-line* baseada no princípio da modelação multidimensional. Nesta solução os autores propõem uma arquitetura composta por três camadas: DW, servidor/base de dados OLAP e Visualização/cliente. Também a dimensão tecnológica deste trabalho adota uma arquitetura similar embora ao contrário de [7] não ilustre apenas um caso de aplicação, mas se constitui genérica e reutilizável devido à natureza do modelo conceptual proposto.

Neste trabalho assume-se a possibilidade da revisão do fluxo do processo de auditoria e atualização de indicadores em tempo real; semelhante ao que é feito em [10] que descreve uma arquitetura em *real-time* para auditar fluxos de trabalho integrado num DW. Contudo o presente trabalho estende essas ideias e enquadra-as nas diferentes fases dos ciclos de auditoria.

III. FRAMEWORK PROPOSTA

Das ilações tiradas dos casos de estudos, constatou-se que o ciclo de vida do processo de auditoria caracteriza-se pela sucessão de 3 fases principais: planeamento, execução e avaliação de ações corretivas (figura 1) [11].



Figura 1. Abrangência do modelo proposto

Nas subsecções subsequentes caracteriza-se mais detalhadamente o modelo proposto, recorrendo-se, para efeitos ilustrativos, a exemplos de processos de auditoria em que são auditados depósitos a prazo (DP's) em instituições bancárias. Importa referir que aquando dos estudos/processo de investigação dos casos selecionados foram considerados diversos processos e que o aqui adotado cumpre somente o propósito de exemplo ilustrativo para auxiliar a exposição.

A. Ciclo de Vida de Auditoria

O modelo considera em cada iteração do ciclo de vida uma base de dois conjuntos de Questões Analíticas (QA),

previamente definidas, relativas às fases de planeamento e execução em função do tipo de auditoria e produtos ou serviços a auditar. A figura 2 apresenta a ilustração dos conjuntos de QA's no contexto do ciclo de vida do processo de auditoria.

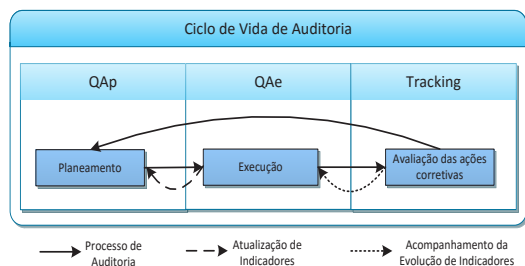


Figura 2. Questões analíticas do ciclo de vida do processo de auditoria

Verifica-se, na figura 2, que na fase de planeamento são definidas questões analíticas prévias (QAp), e na fase de execução são definidas questões analíticas de execução (QAe). A fase de avaliação das ações corretivas é caracterizada por habilitar os auditores com mecanismos de Monitorização Contínua (MC) do ciclo de auditoria. Na tabela 1 apresentam-se exemplos dos 2 subconjuntos de QA's para o processo exemplificativo (DP's).

Tabela 1. Exemplos de questões analíticas

Fase	Descrição	Objetivo
Planeamento (QAp)	QAp 1) Quantos DP's foram constituídos nos últimos 15 dias?	Apurar o total de produtos constituído num determinado período de tempo ou período em análise (no caso DP's constituídos nos últimos 15 dias)
	QAp 2) Qual o agregado de inconformidades referentes aos DP's constituídos em moedas estrangeiras?	Identificar o agregado de inconformidades relativo a DP's constituídas em moedas estrangeiras
Execução (QAe)	QAe 2.1) Relativo aos DP's que registam inconformidades, quantos destes a taxa de juro aplicada é superior a taxa em vigor na data de constituição?	Identificar DP's com taxa de juros aplicada de forma irregular
	QAe 2.2) Para DP's constituído em moedas estrangeiras, as taxas de câmbio aplicadas estão de acordo com a taxa em vigor na data de constituição?	Identificar irregularidades em relação a taxas de câmbios aplicadas em DP's constituídas em moedas estrangeiras

Verifica-se, na tabela 1, que as QA incidem (a diferentes níveis de granularidade) sobre os dados (*Data Set*, neste trabalho designado de Base de Informação) de modo a filtrarem-se (do universo de dados) os produtos, serviços e/ou Unidades Orgânicas (UO) para o âmbito (na respetiva fase) da auditoria, e com base em critérios de avaliação (indicadores de *performance* e de objetivos) e monitorização. Assim tornam-se mensuráveis as inconformidades de cada tipo, possibilitando-se assim o acompanhamento natural na avaliação dos resultados de fases e ciclos da auditoria.

B. Definição de Indicadores do Ciclo de Auditoria

Fase de Planeamento: Otimização do Plano de Auditoria

A fase de planeamento consiste na otimização do plano de ação. Assim, nesta fase as QAp têm por finalidade identificar produtos e serviços ou ainda UO cujo agregado de inconformidades não satisfazem os indicadores de objetivos macro (Key Goal Indicator – KGI_X). O KGI_X , de modo geral, no âmbito deste trabalho, refere-se simultaneamente aos indicadores de objetivos macro relativos ao agregado de inconformidades de produtos/serviços - \overline{KGI}_M e os indicadores de objetivos macro relativo agregado de inconformidade de UO - \overline{KGI}_M^* ; estes delimitam o *status* (níveis de performance, admissíveis ou não na respetiva instituição), previamente definidas pelos gestores e/ou decisores no contexto da realidade da instituição a auditar.

O modelo proposto contempla este requisito recorrendo a mecanismos que permitem simultaneamente a conversão de agregados de inconformidades (obtidos por intermédio das QAp) em indicadores de *performance* (Key Performance Indicator – KPI_X). Numa perspetiva generalizada, o KPI_X refere-se simultaneamente aos indicadores de performance de agregado de inconformidade de produtos/serviços - KPI_M e aos indicadores de performance de agregado de inconformidade de UO - KPI_M^* . Sendo o KPI_X o indicador que traduz níveis de performance relativo a agregados de inconformidades de produtos/serviços ou UO, o contraste destes indicadores (KPI_X) aos indicadores de objetivos³ (KGI_X) da referida organização permite identificar produtos, serviços e/ou UO que apresentarem KPI_X à margem dos KGI_X e que tornar-se-ão alvo duma análise mais detalhada – fase de Execução. A figura 3 ilustra a seleção/identificação de produtos, serviços e UO para o âmbito da execução de auditoria.

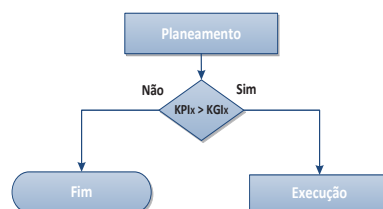


Figura 3. Modelo de seleção/filtragem de produtos, serviços e/ou UO

Atendendo ao requisito de conversão de agregados de inconformidades em indicadores de *performance*, na fase de planeamento, para cada produto/serviço a base de informação é representada pelos registos do referido produto/serviço no período em análise, em que o “período em análise” é um parâmetro temporal preconizado pelo modelo e editável pelos auditores que representa o intervalo de tempo (t_n) sobre o qual incidirá a análise. Assim, para efeito de conversão, adota-se o total de produtos ou serviços como Medida Base do Produto (MBP, sendo o valor desta base 100%) do referido produto ou

³ Este pressuposto é baseado nos princípios do *Control Objectives for Information and Related Technology* (COBIT) da *Information System Audit and Control Association* (ISACA). Vide [4], [13].

serviço. Por exemplo, considera-se que foram constituídos trinta (30) DP's nos últimos 15 dias, onde "os últimos 15 dias", é o parâmetro temporal (t_n) que delimita o período para análise da informação. Os trinta (30) DP's constituídos representam a medida base (100%) deste produto.

Assim, uma vez obtida a medida base, o modelo propicia aos auditores indicadores de *performance* (KPI_{Mi} ; onde o índice "i" corresponde a determinado produto ou serviço) referente ao agregado de inconformidades de cada produto ou serviço, bem como os indicadores de *performance* (KPI_{Mj}^* ; o índice "j" corresponde a determinada UO) referente ao agregado de inconformidades de cada UO (e.g. um balcão) recorrendo respetivamente as expressões (1), onde TIP_i (Total de Inconformidade do Produto) é a unidade de medida do agregado de inconformidade dum determinado produto ou serviço, e (2) onde $\%@pp$ representa o peso (valor atribuído pela equipa de auditores – parametrizável por instância do modelo face à instituição e/ou auditoria) que os indicadores de *performance* de cada produto têm sobre o agregado de inconformidades da respetiva UO.

$$KPI_{Mi} = \left(\frac{TIP_i}{MBP} \right) * 100 : MBP \in [t_n, t_{n+1}] \quad (1)$$

$$KPI_{Mj}^* = \sum_{i=1}^n (\%@pp * KPI_{Mi}); \text{ para } i = \{1 \dots N^o \text{ de produtos auditar}\} \quad (2)$$

A partir das equações acima, pode constatar-se que enquanto o indicador de *performance* dum determinado produto ou serviço resulta do rácio entre o TIP_i e o MBP; o indicador de *performance* dum UO é resultante da média ponderada dos indicadores de *performance* dos produtos e serviços afetos à respetiva UO. Adicionalmente foi considerado o conceito de indicador de *performance* do ciclo - KPI_C^* resultante da soma algébrica dos indicadores de *performance* das UO, como expresso na equação a seguir.

$$KPI_C^* = \sum_{j=1}^n (KPI_{Mj}^*); \text{ para } j = \{1 \dots N^o \text{ de UO auditar}\} \quad (3)$$

Se a ação de auditoria incidir sobre uma e única UO, que é o caso utilizado neste trabalho, para efeito de exemplo, o KPI_C^* será igual ao KPI_{Mj}^* já em casos em que são desenvolvidas auditorias direcionadas a produtos ou serviços específicos o KPI_C^* será igual ao KPI_{Mi} .

A aplicabilidade destes conceitos pode ser explicada recorrendo e expandindo o exemplo anterior. Lembra-se que, de acordo com o exemplo anterior nos últimos 15 dias foram constituídos trinta (30) DP's, sendo este considerado a medida base, considerando-se ainda que três (3) dos trinta DP's estão inconforme (por exemplo, a taxa de juros aplicada difere da taxa de juro em vigor no banco aquando da constituição). Neste cenário, baseando na expressão matemática 1, para efeito de cálculo de indicadores de *performance* de produtos, estas inconformidades representam 10% sobre o total de DP's, ou seja, o KPI_{Mi} referente ao agregado de inconformidade deste produto é 10%.

Fase de Execução

A fase de execução habilita os auditores com mecanismos de análise detalhada, ou seja, provê, numa perspetiva de granularidade mais fina, as inconformidades específicas que de algum modo contribuem para que o agregado de inconformidades (detetadas na fase de planeamento) estejam à margem dos objetivos previamente definidos pelos gestores. A fase de execução é conceptualmente atendida, pelo modelo proposto, sobre duas perspetiva distintas e complementares: **Perspetiva lógica** e **Perspetiva física**.

Perspetiva lógica

Na perspetiva lógica, para cada QAp, são levantados subconjuntos de QAc, ou seja, para cada agregado de inconformidade identificados no planeamento, as QAc permitem quantificar e avaliar inconformidades específicas inerente aos agregados de inconformidades.

Na tabela 1, por exemplo, pode-se verificar mapeamento entre os elencos de QA's (QAp 2 e QAc 2.1, QAc 2.2). Deste exemplo pode-se ainda constatar que enquanto os conjuntos de QAp identificam os produtos/serviços inconformes, as QAc identificam em cada produto inconformidades pela natureza (INP⁴ - Inconformidade por Natureza de Produto). Assim, para efeito de análise detalhada, própria da fase de execução, os auditores são apoiados pelo modelo a, para cada produto ou serviço, identificarem os totais de INP (TINP - Total de Inconformidades por Natureza de Produto). O modelo habilita ainda os auditores com indicadores (PITINP_k - *Performance Indicator* Total de Inconformidade por Natureza) que refletem o peso que cada TINP_k tem sobre o agregado de inconformidade do respetivo produto ou serviço. Este indicador é provido pelo modelo com base na expressão (4). Onde $\%@in$ reflete o peso (valor percentual atribuído pela equipa de auditores – parametrizável no modelo) que o agregado de inconformidades dum natureza representa sobre a respetiva TIP.

$$PITINP_k = \{[(\%@in * TINP_k) * 100] / TIP_i\} \quad (4)$$

Por exemplo, se num universo de 1000 DP's analisados na fase de planeamento 500 DP's (TIP) encontram-se inconformes, e durante a execução (análise detalhada) se verificar que 200 DP's foram constituídos com taxas de juros diferentes das taxas em vigor (TINP, relativo a DP's taxas de juros diferentes das taxas em vigor) e 300 DP's constituídos com valor inferior ao valor mínimo de constituição (TINP, relativo a DP's constituídos com valor inferior ao valor mínimo de constituição), e considerando-se ainda que o peso da TINP relativo aos DP's taxas de juros diferentes das taxas em vigor é 40% e o peso da TINP relativo aos DP's constituídos com valor inferior ao valor mínimo de constituição é 60%, com base na expressão matemática anterior, o PITINP relativo a TINP de DP's taxas de juros diferentes das taxas em vigor será 16% e o

⁴ No âmbito do projeto entende-se inconformidade da mesma natureza a conjunto de inconformidades semelhantes afetos a um determinado tipo de produto ou serviço.

PITINP relativo a TINP de DP's constituídos com valor inferior ao valor mínimo de constituição será 36%.

Perspetiva física

A perspetiva física consiste na análise de documentos de suporte a transações/operações de modo a averiguar-se a materialização (ou não) das inconformidades detetadas aquando da análise detalhada (desenvolvida no âmbito da perspetiva lógica) as ações resultantes desta perspetiva poderão implicar algumas alterações sobre as ilações tiradas na fase de execução (perspetiva lógica) e consequentemente refletirão nas ilações tiradas na fase de planeamento. Assim, no âmbito desta perspetiva de análise o modelo prevê uma equação (apelidada de equação de regularização) que atualiza os indicadores de performance (KPI_M , KPI_M^* e KPI_C^*) calculados previamente na perspetiva l.

Fase de Avaliação das Ações Corretivas: Tracking

Esta fase provê mecanismos de suporte à avaliação e rastreamento de sucessivas iterações de ciclos de auditorias. Assim, para o efeito, esta fase tem associados dois indicadores; um de monitorização (MC - Monitorização Contínua) e outro de transição (IT – Indicador de Transição). O indicador de **Monitorização Contínua** (MC) regista e possibilita aos auditores, no horizonte temporal, o acompanhamento da evolução dos indicadores de performance, em relação aos indicadores de objetivos da referida instituição, durante e/ou depois das sucessivas iterações dos ciclos e consequentemente dos percursos de auditoria. O modelo propicia esta monitorização com base na seguinte expressão matemática, onde KPI_{X+1} é o KPI_X da atual iteração do ciclo. Assim, numa primeira iteração do ciclo, com base na equação (6), o MC_X será igual ao KPI_X .

$$MC_X = KPI_{X+1} - KPI_X \tag{6}$$

Por outro lado, o "IT", que é o indicador usado, na secção "Avaliação de Performance do ciclo", para efeito de avaliação de desempenho, é responsável por informar o impacto que os indicadores de performance, definidos nas fases anteriormente, têm sobre os indicadores de objetivos, ou seja, é o indicador que evidencia a variação/desvio entre os indicadores de objetivos e os indicadores de performance. O IT é dado pela seguinte expressão lógica.

$$IT_X = \left[\frac{(KGI_X - KPI_X)}{KGI_X} \times 100 \right] \tag{7}$$

C. Avaliação de performance do ciclo de auditoria

Avaliação de performance pode ser de naturezas parcial e/ou global. No entanto, independente da avaliação ser parcial ou global, consiste na aferição do desvio/variação dos indicadores de performance em relação aos indicadores de objetivos previamente definidos, ou seja, a análise incide sobre o IT_X. A avaliação parcial consiste na análise de performance dum produto ou serviço específico e/ou na análise de performance de inconformidades da mesma natureza dum produto ou serviço. Para tal, com base na expressão 7, o IT_X recorre ao KPI_M^* , para avaliação de UO, ao KPI_M , para

avaliação de produtos/serviços específicos, e ao $PITINP_k$ (para avaliação de inconformidades dum natureza).

A avaliação global está relacionada com a análise de performance do ciclo como um todo, sendo que, para efeito desta avaliação, o IT_X obtém-se a partir do KPI_C^* (overall).

IV. INTEGRAÇÃO DO MODELO DA MODELAÇÃO MULTIDIMENSIONAL

Este capítulo é dedicado à integração do modelo proposto com a abordagem tradicional da modelação e análise multidimensional. Importa referir que não é do âmbito deste trabalho o processo de modelação de dados. Assim, abordagem é voltada à gestão da inter-relação entre o modelo proposto e os modelos de dados multidimensionais.

A. Princípio de Gestão de Retro-Compatibilidade

Os princípios da modelação dimensional organizam os dados que permitem responder às QA segundo a metáfora de um cubo consubstanciado pelas tabelas de dimensões e factos alojadas num DW [12]. Considerando que as decisões a serem tomadas pelas equipas de auditores baseiam-se em dois conjuntos de QA's previamente definidos, revela-se necessário criar um acoplamento entre estas e o modelo multidimensional dos dados que as podem informar. Assim as dimensões e os respetivos atributos e medidas que constituem os factos deverão manter coerência com as QA's em causa. Na figura 4 ilustra-se a relação entre as QA's e o cubo de dados.

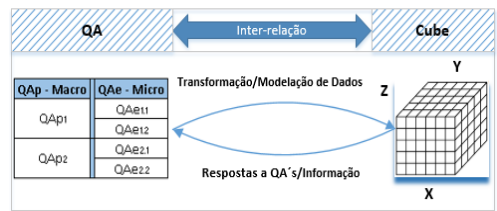


Figura 4. Inter-relação e interdependência entre QA e cubo de dados

Na prática poderá haver, ao longo do tempo, necessidade de inclusão e/ou exclusão de QA's. Quer isso dizer que o elenco de questões analíticas que informa o desenho do cubo não é estático, mas sim dinâmico. Assim, da necessidade de inclusão ou exclusão de QA's emerge a necessidade de se manter retro – compatível a inter-relação existente entre QA e cubo de dados, ou seja, redefine-se o cubo considerando a necessidade de resposta às QA's revistas/novas, mas também aquelas que do elenco original se mantiveram.

O princípio de retro compatibilidade é fundamentada em [12]. Justifica-se (neste trabalho) a aplicabilidade deste princípio, se se considerar que os bancos necessitam de aumentar ou reduzir produtos e serviços na sua gama de produtos/serviços, o que resulta na necessidade de os auditores auditarem novos produtos e consequentemente responderem a novos conjuntos de QA's, inferindo, com isso, atualização das componentes do cubo (tabelas de dimensões e seus atributos, e tabelas de factos e suas respetivas medidas). Na figura 5 ilustra-se o princípio de retro compatibilidade do modelo.

Verifica-se, na figura 5, que houve alteração no elenco de questões analíticas (que alimentam o modelo), de QA's para QA's', e que, em função desta alteração, remodelou-se o cubo de dados, do modelo (em T_1) para o modelo' (em T_{1+1}). O modelo atualizado (modelo') deverá assim responder o novo elenco de QA's, albergando QA's recentemente incluídas e/ou QA's pertencentes ao elenco anterior e as que não foram removidas do conjunto de QA afetadas ao modelo, isto é, o conjunto de QA's que foram trasladados do elenco anterior para o atual elenco de QA.

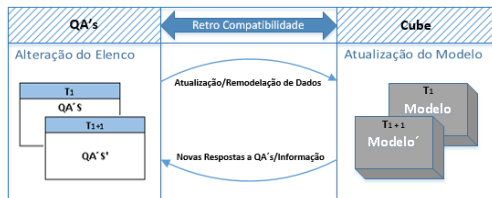


Figura 5. Princípio de retro compatibilidade

A gestão da retro compatibilidade necessária na inter-relação entre os elencos de QA's e o cubo de dados, coloca um requisito de consistência e coerência no(s) modelo(s) de dado(s). A este propósito propõe-se a utilização e extensão de dois instrumentos que são: tabela de duas entradas e matriz de base (Bus Matrix).

B. Instrumentos de Gestão de Retro-Compatibilidade

Tabela de Duas Entradas. Definido para o âmbito deste trabalho este instrumento consiste em mapear, para cada processo afeto as ações de auditoria (produtos e serviços a serem auditados) numa tabela com atributos e medidas resultantes da intersecção entre o elenco de QA's (afeto ao produto/serviço) e as dimensões e tabelas de factos do referido produto/serviço.

Bus Matrix. Em sistemas de DW a *Bus Matrix* é um instrumento útil na conformação das dimensões auxiliando o *design* e projeto da arquitetura da DW [12]. No âmbito deste trabalho a *Bus Matrix*, ao contrário da tabela de duas entradas (que mapeia atributos e medidas, em função das QA's), mapeia a correlação entre as tabelas de factos e as tabelas de dimensões, ou seja, contempla todas tabelas de factos e dimensões do modelo, assim como as relações existentes entre elas para assim potenciar conformação.

V. DISCUSSÃO E RESULTADOS

Desenvolveu-se um modelo que visa apoiar, os auditores, no processo de otimização, rastreamento e monitorização contínua das atividades de auditoria. Assim, a abordagem contemplou duas secções principais; a) ciclos de auditoria, e b) integração do modelo com abordagem de modelação e análise de dados multidimensional. Na secção dedicada aos **Ciclos de Auditoria** definiram-se métodos e critérios de otimização do plano de trabalho, isto é, métodos e critérios que permitem filtrar e seleccionar produtos, serviços e UO para o âmbito da auditoria. Ainda nesta secção, definiram-se critérios de medição e avaliação de *performance*, habilitando-se com isso os auditores com mecanismos de rastreamento e monitorização de ciclos de auditoria.

Na secção dedicada a **Integração do Modelo Numa abordagem Multidimensional** atendeu-se o requisito de acoplar/compatibilizar o modelo de acompanhamento de auditorias proposto com a abordagem multidimensional que conduzirá à implementação operacional do modelo proposto. Assim, definiram-se instrumentos que permitem ao cubo de dados atenderem os requisitos dos auditores (respostas as QA's), assim como a gestão da relação entre cubo de dados e QA's.

Visando validar o modelo proposto elaborou-se e remeteu-se a peritos em auditoria um questionário, cujos resultados evidenciam a relevância e pertinência dos conceitos previstos pelo modelo e que originarão a implementação de um protótipo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] A. Freire, *Estratégia sucesso em Portugal*, 1ª ed. Lisboa, Portugal: Verbo, 1997.
- [2] S. Albuquerque, "Gestão estratégica: conceitos, modelos e instrumentos." p. 141, 2003.
- [3] Coso, "Internal control — Integrated framework guidance on monitoring internal control systems office," *Policy Anal.*, p. 10, 2009.
- [4] T. Kgis, K. Cascade, B. W. Van Grembergen, and S. De Haes, "COBI T management guidelines revisited: The KPI's/KGI's Cascade," *Inf. Syst. Control J.*, vol. 6, 2005.
- [5] J. a. Rodero, J. a. Toval, and M. G. Piattini, "The audit of the data warehouse framework," 1999.
- [6] J. L. Pinheiro, *Auditoria interna – manual prático para auditores internos.*, 2ª Edição. Lisboa: Livros, Rei dos, 2008.
- [7] J. Mei, W. C. Wu, X. D. Gan, and L. B. Liu, "The decision support system of auditing social insurance funds on-line based on data warehouse," *Proc. - 2010 2nd IEEE Int. Conf. Inf. Financ. Eng. ICIFE 2010*, pp. 348–350, 2010.
- [8] K. Withee, *Microsoft business intelligence for dummies*, 1ª Edição. Indianapolis: Wiley, 2010.
- [9] P. Dewald, B. Hughes, Steve; Turley, *SQL Server analysis services 2012 cube development cookbook*, 1ª Edição. Birmingham: Packt Publishing, 2013.
- [10] J. Schiefer, J. Jeng, and R. M. Bruckner, "Real-time workflow audit data interaction into data," 2003.
- [11] L. Reis, "Auditoria e continuidade do negócio resumo." Instituto Politécnico de Setúbal, Setúbal, 2014.
- [12] R. Kimball and M. Ross, *The data warehouse toolkit: the definitive guide to dimensional modeling*, 3ª Edição. Indianapolis: Wiley, 2013.
- [13] ISACA, "A Business framework for the governance and management of enterprise IT," *ISACA J.*, vol. 4, 2014.

e-Consultation as a tool for participation in teachers' unions

The greater the focus, the greater the number of visits

Carlos Quental
Instituto Politécnico de Viseu
Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Viseu, Portugal
quental@estgv.ipv.pt

Luis Borges Gouveia
Universidade Fernando Pessoa
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Porto, Portugal
lmbg@ufp.pt

Abstract — In the 2000's, the Internet became the preferred mean for the citizens to communicate. The YouTube, Twitter, Facebook, LinkedIn, i.e., the social networks in general appeared together with the Web 2.0, which allows an extraordinary interaction between citizens and the democratic institutions.

The trade unions constantly fight governments' decisions, especially in periods of crisis like the one that the world, Europe and, in particular, Portugal are facing. In this regard, the use of e-participation platforms is expected to strengthen the relationship between trade unions and the education community. This paper reports the research about the planning and driving of a series of experiments of online public consultation, launched by teachers' trade unions. These experiments are compared with those of other countries, such as Australia, United Kingdom and United States of America. A quantitative analysis of the results regarding hits, subscriptions, and response rates is presented, and it is compared with the 90-9-1 rule, the ASCU model and data from government agencies. The experiments performed used the Liberopinion, an online platform that supports bidirectional asynchronous communication. A better understanding of the benefits of these collaborative environments is expected by promoting quality of interaction between actors.

Keywords - e-participation, public participation; trade unions, teachers unions; unionism 2.0, digital mediation, Liberopinion.

I. INTRODUCTION

Nowadays, politicians begin to worry about the lack of interest, trust and participation of citizens in democratic politics. Consequently, governments and political institutions around the world are increasingly using the Internet in an attempt to revitalize democracy through online public consultation and citizen participation [1], [2].

The potential of online political communication was demonstrated in 2007 in the Australian elections, called "google election" by Gibson & Ward and, in 2008, by the Obama campaign, which brought great visibility to the use of electronic means [3]. Yet, it is relevant to note that most media used by politicians have few interactive features [4]. Goot states that, in the Australian elections, citizens participated online, on their own, in blogs and websites of activist groups like getup (getup.org.au), election tracker (electiontracker.net.au), you decide (youdecide2007.org), among others. Rainie and Smith claim that 46% of Americans

used the Internet, during the Obama campaign, to access news about the campaign, share views and mobilize other citizens [5].

Saebø and Skiftenes identified as significant activities of e-participation, the electronic voting (e-voting), online decision-making, electronic activism (e-activism), electronic consultation (e-consultation), online election campaigns (e-campaign) and electronic petitions (e-petitions) [6], [7].

Despite the e-participation being especially highlighted within the political context, its application has also been studied in other organizations. The current paper presents a reflection on this new paradigm of civic participation within teachers' unions, for which no related studies were found. The trade union studied here is the largest teachers union in Portugal, the National Federation of Teachers (FENPROF), which is composed of the Teachers Union of the North, Centre, Greater Lisbon, South, Region of Madeira, Region of Azores and the Foreigner. From these, the main focus is given to the Teachers Union of the Centre Region (SPRC). The participation results and the tools employed are analyzed.

II. E-PARTICIPATION

The use of electronic media to support the government, and the central and local public administration, activities, allows the state to develop new forms of relationships with the citizens. Among these, it is relevant to highlight the direct and mediated digital interaction between each citizen, or group of citizens, and the different public bodies, which results in a new proposal for public participation called e-participation.

Several authors define e-participation, in general terms, as citizen participation in public service processes at different stages of the production chain (planning, decision making, implementation, evaluation), which according to them represents the slight difference between e-participation and e-Gov [8], [9]. Yet, we believe that the scope of e-participation is much broader and that it includes the participation of citizens in any public service.

Due to the crisis in the representative democracy, clearly visible in the declining participation in the elections [10], there is a considerable increase in the use of Internet tools for public consultation and citizen engagement.

According to [11], civic participation is the redistribution of power from the authority to the citizens. From the authors' point of view, there are eight types of public participation, which can be described as an 8-step ladder. These steps, all of which have been thoroughly discussed in the literature [12]–[14], range from manipulation to social control, and include intermediate steps such as information, consultation, delegation of power and partnership. Arnstein [11] argues that the closer the citizens are to the top of the ladder, the more capable they are of controlling their participation in the participatory procedures and of demanding intelligibility of the implemented procedures to those who participate.

The creation of public spaces that enable the civil society to express, conflict and negotiate, puts it in the middle of a process where the public actions cease to be the responsibility of the State, but are to be created and developed by actors instead, whose central objective is the promotion of democracy. As a result, citizens are to be allowed to democratically exercise their power through partnerships of public authority [15], [16]. This is the case of the current study.

A. e-consultation

Online consultations consist in using the Internet to inquire a group of citizens about one or more topics, thus allowing the sharing of information between participants through platforms on which they can make contributions, inform and influence policy and decision-making.

The e-consultations should take into account important aspects such as ensuring that all citizens can express their opinions about issues and policies that affect them; considering that the participants' time is valuable; keeping the portal or platform easy to use; showing the contributions; and allowing anonymity for those who wish, just to name a few.

The e-consultations have typically a well-defined period. The topics for discussions are pre-defined by the promoters and they may be moderated. Unfortunately, existing studies show that few citizens participate. Ferro and Molinari [17] concluded that only the activists (3-5% of the population) participate, based on the ASCU (Activists, Socializers, Connected, Unplugged) model. On the other hand, Cruickshank et al [18] argue that 1% participation in any initiative of e-participation is considered a success. Considering a six-step ladder of participation (Creators, Critics, Collectors, Joiners, Spectators, and Inactive), a Forrester Research estimated that in the United States only 13% are Creators (people who publish in blogs, have web pages, upload videos), 33% are Spectators (only consume information, such as reading blogs and news, watching videos) and 52% are Inactive (do not participate in any online activity) [19].

Comparatively, 90% of Internet users are “lurkers” [20] and 9% contribute a little [21]. In an e-petition submitted to the Portuguese parliament about the payment of motorway tolls, the authors obtained an effective participation of 2.6% in a population of 593.084 inhabitants with Internet access [22]. In turn, 7% of the UK population participated in the “Downing Street-House of Commons Government e-petitions” initiative, and Rainie and Smith [5] claim that, during the Obama campaign, 46% of Americans used the Internet to access news

about the campaign, share points of view and mobilize other citizens. Sebastião [23] state that the impact of online petitions in the political system, measured by the number of signatures, is low - only 6.8% resulted in discussion at the Portuguese Parliament.

There are several types of e-consultations. The simplest involves questions and answers in discussion forums integrated within a website, in which citizens are invited to post their opinions, questions and concerns, and are able to receive feedback from the promoters, who may or may not be governmental authorities.

The online polls are the second type of e-consultations, which essentially allow to quickly measure a specific question. Examples of this type of e-consultation include the online poll performed to teachers about measures to be taken against the government, which is discussed later, and the “Your Voice in Europe” of the European Commission¹.

Although e-petitions are identified as e-participation activities, in some cases, they may also be considered another form of e-consultation [24], particularly if the participants are invited to discuss and enrich them. The e-petitions allow the citizens to interact and influence the policy decisions of governments or other political bodies, such as Parliaments. The e-panels are more sophisticated versions of online consultations [24]. A group of citizens is invited to exchange points of view through online discussion forums, polls, chat rooms or votes around a common theme or policy initiative. This is the case of a public participation initiative with FENPROF's leader, and other elements, in the Liberopinion platform².

The most common type of e-consultation is the editorial consultation, in which citizens and civil society representatives are invited to comment, usually in the form of online discussions based on targeted policy documents. Another increasingly common trend points towards e-consultation initiatives that combine many of the aforementioned elements, either in the form of a complete portal dedicated to a specific political campaign or of multilevel features targeting different audiences. Some examples are the Liberopinion³, Madrid participa⁴ or Ask Bristol⁵.

B. e-consultations vs traditional consultation

An important feature of e-consultations is that they give the opportunity to provide feedback and influence the political process outside the electoral cycle, i.e., not just during election campaigns, every 3 or 4 years. The online consultation is much faster than traditional communication between government and citizens [25]. The need for a head of a high-level department or even a minister imposes delays that are countless with the online nature [2].

For government institutions, the Internet promotes efficiency and effectiveness by reducing transaction costs [26].

¹ http://ec.europa.eu/yourvoice/consultations/index_en.htm

² <http://fenprof.liberopinion.com/pergA.php?id=1, id=9, 10, 11 and id=12>

³ <http://libertrium.com/>

⁴ www.madridparticipa.org

⁵ <http://askbristoldebates.com/>

For ordinary citizens, who have their own lives, e-participation has the practical convenience of online communication, the immediacy of communication, 24 hours access and the location flexibility, assuming that citizens can reflect and participate in their spare time. Note that conventional meetings require a physical presence in a particular location, which implies short to long travels. Unlike traditional media, Internet applications enable multilevel communication. In the case of e-consultations, the Internet provides a level of reciprocity and involvement that would otherwise be difficult and expensive for institutions in offline communication.

Public consultations are associated with deliberative democracy, transcend geographical barriers and can accommodate large targeted groups more efficiently. In other words, they are a concept of virtual Agora where ordinary citizens, politicians and experts who are typically profiled in rigid power structures, can get involved [27]. In this regard, the e-consultations have a comparative advantage over their offline versions, for which the logistics of documents in paper format is costly, time consuming and possibly suppressed, if budgetary concerns arise.

The UK government, for example, has been successful in launching the “Downing Street, House of Commons Government e-petitions”⁶ initiative to encourage civic participation – over three million signatures were collected (about 7% of the UK population) [24]. By the standards of e-participation, such participation rate is commendable. Yet, Smith and Dalakiouridou [24] point out that the expectations raised about the initiative (that the petitions will influence the debates in the House of Commons) are misleading since the petitions have no constitutional basis. The same thing happens in Portugal, as discussed in [23].

The European Parliament, on the other hand, is better placed because the resulting proposals are brought to the attention of Parliament's committees and/or other EU institutions⁷. The European Parliament has an everlasting committee and a set of procedures specified in Rule 192 of the Rules of Procedure of the European Parliament. Yet, the effectiveness of this process requires further research⁸.

The potential for e-consultation seems to be increasingly feasible from the promoters' participation perspective. If better participation can be achieved using low-cost means such as the Internet, then the cost-benefit purpose of large scale consultations can be achieved. The potential advantages of an e-consultation approach over traditional consultation methods include: extensive involvement, with easier contribution; better quality of expressed ideas, opinions and proposals; greater perception of democratic legitimacy and of equality (citizens and promoters); better sensitivity to time constraints and the participants' levels of interest; production of statistically significant quantitative results; and lower costs of promotion and guidance toward unrepresented voices. Furthermore, it is

⁶ <http://epetitions.direct.gov.uk>

⁷ <http://www.europarl.europa.eu>

⁸ See petitions at <http://www.europarl.europa.eu/aboutparliament/pt/00533cec74/Petições.html> and European citizenship initiative at <http://ec.europa.eu/citizens-initiative/public/welcome?lg=pt>

based on a collective learning model, instead of a set of beliefs and knowledge.

III. E-CONSULTATIONS ON TRADE UNIONS. UNIONISM 2.0

According to Pinnock [28], the trade unions only belatedly recognized the potential of ICT, and when they adopted them, they limited themselves to storing, processing and disseminating information through computers and the Internet. The major obstacle against their implementation lies essentially within the organizations [29], both because of the required skills and, mainly, because of the changes that they may induce.

The trade unions generally invest time and human resources in more traditional communication tools. Since most organizations adopt a one-way communication, they do not exploit the Internet's full potential, and Rego et al [30] argue that it is difficult to know the impact of the trade union sites because there are not many online mechanisms to provide an effective user involvement. It is, therefore, essential to promote inclusion, participation and transparency. Note, nonetheless, that the presence of the union organization among workers is still crucial, regardless of the technological means used.

The Internet, by allowing new methodologies and forms of communication, will lead these organizations to consult their partners before making major decisions and to implement bidirectional communication tools, thus contributing to their qualitative transformation. It is the Unionism 2.0.

In a paper about the unions' presence in the Internet, Correia and Marques Alves [31] state that only 59.6% have a website, from which only a few have online registration (interestingly, only teachers' unions offer it) and publish information regarding their activity, such as annual reports or statutes. The SPRC has had a portal for about 15 years⁹, which provides not only information, but also the legislation to teachers, statutes, activity plans and annual reports. The SPRC has discussion mailing lists among union representatives for decision making on several subjects and distribution lists for sending information or clarifications to its members. During this research, the SPRC began a participation process that enabled its members to put questions about legal issues and make suggestions. Furthermore, they accepted the challenge of promoting their participation events using Liberopinion, an e-participation platform that enables effective participation in formal and informal deliberative processes via the Internet. The Liberopinion combines in a single, neutral and regulated, location, teachers and union representatives, and thus enables a multidirectional communication, as shown in Fig. 1.

IV. PROCEDURE

The e-participation projects need to have a well-organized structure [32]. In particular: 1) the actors to be included must be defined; 2) the issue to be addressed must be framed; 3) and a shared understanding that gathers consensus must be sought. The actors were chosen based on their representativeness, and the lack of studies in this field. Note that the FENPROF¹⁰

⁹ <http://www.sprc.pt>

¹⁰ <http://www.fenprof.pt>

represents about 70% of unionized teachers. The actors are composed of the trade union representatives on one hand, and of teachers, on the other hand. The participants' selection mechanism, chosen among the categories presented by Fung [33], was the diffuse public sphere. It is the most inclusive as it covers all people. On the other hand, still considering the same categories, the participants can be framed in those that Fung calls mini-public and random selection, the best guarantee for population representativeness. Either way, all teachers can participate, even though the initial choice has fallen over the union members. The difference is that these are recorded automatically, and thus they have faster access to all content. Everyone can participate by making proposals, posting comments, voting on the questions posed by others, or following other proposals.

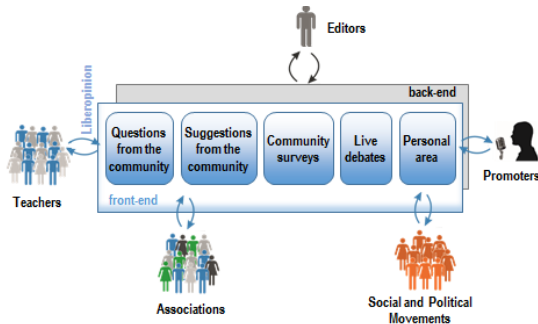


Figure 1. Multidirectional communication between teachers and their trade union in the Liberopinion platform

Given the low participation levels in political and community lives, it is necessary to plan ways of dissemination to raise awareness and encourage citizens to participate [1]. Several means are used to promote the platform and the debates: dissemination through the Trade Unions portal; dissemination via email to teachers, who are enrolled in the mailing lists, and members; and dissemination through the social networks. The information concerning the platform access statistics is stored in databases and logs for further processing using software such as Awstats Log Analyzer and Google Analytics tools.

This paper presents three events performed with teachers unions, such as petitions and public consultations. These events, described next in further detail, aimed, first, to listen to the teachers so that the unions could make decisions according to the teachers' wills, and, secondly, to influence the government decisions, particularly those of the ministry of education.

A. *Liberopinion usage experiments: Education Manifest, Teachers strike and Teachers Consultation*

1) *Education Manifest*

The manifest “A School for a Portugal with future” aimed, according to an official, “to join a number of individuals around the fundamental idea that was crucial to change the political course that was being given to education by the minister of education”. Teachers and researchers subscribed it.

The trade union wanted to show the support given by people from the academic and political lives, and teachers in general, to the government using the slogan “As civically engaged citizens, people are today extremely concerned with the current course of the Portuguese education”. For that purpose, the members appealed for the citizens and the structures of the Portuguese society, interested in changing the education policy, to actively participate and contribute to the adoption of measures that would open up prospects for a better future. People were invited not only to subscribe the manifest, but also to advertise it, enrich it, and discuss it in their workplaces and civic participation places.

The aforementioned petition ran, online, from March to June 2013, but was interrupted because “more urgent things appeared”. The announcement was performed through the mailing lists and the union’s portal.

2) *Teachers strike*

In November 2012 and June 2013, the teachers went on strike. For the strike of June, they organized a rotation schedule among themselves so that 1) the review meetings would not take place and 2) the costs would be divided by all. During these strikes the access statistics, either to the SPRC’s portal or to pages specifically dedicated to record relevant data, were accompanied. In this case, only teachers registered in the portal participated.

3) *Teachers consultation*

After the strike of June 2013, the FENPROF, together with other ten trade unions, launched a survey, lasting 15 days, to hear the teachers’ opinions about the measures to be taken next. The main goal, according to those responsible, was to “adapt the fighting directions according to the position expressed by the subscribers”. The consultation was both online and offline.

V. RESULTS

1) *Education Manifest*

According to Pordata, only 62.1% of the Portuguese population had access to the Internet in 2013¹¹. Considering that the total population¹² is 10.514.844 and that 8.398.245 are over 18, the population eligible for this study is of 5.122.929.

The results of the manifest “A school for a Portugal with future” are shown in Table I. The manifest was visited 5471 times, from which 4782 were unique. The number of subscribers reached 1346, which represents 28% of the visitors. Compared to other studies, the participation was substantial, but it was low if compared to the Portuguese people aged over 18.

TABLE I. RESULTS OF THE MANIFEST

Time	Unique visitors	Visits	Pages/hits
March	1361	1543	3355/5105
April	552	706	1593/2182
May	151	193	348/468

¹¹http://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0006349&contexto=bd&seleTab=tab2

¹²<http://www.pordata.pt/Portugal/Individuos+que+utilizam+computador+c+Internet+em+percentagem+do+total+de+individuos+por+sexo-1142>

June	2718	3029	6960/9863
Total	4782	5471	12256/17618
Subscribers total	1346		

2) Teachers strike

On the strike of November 2012, the platform registered 14.613 visits and 10.279 unique visits, as shown in Fig. 2. The pages related to the strike recorded 7.968 visits and 5.679 unique visits, which represents, respectively, 67.9% of the 11.740 registered users and 71.3% of the unique visits.

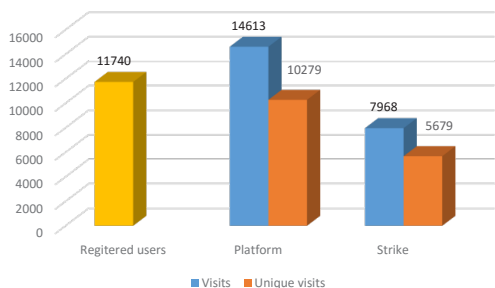


Figure 2. Access of registered users to the platform and strike related pages on the strike of November 2012

During the strike of June, the platform registered 18.714 visits and 12.991 unique visits, as shown in Table II, while the pages related to the strike recorded 7.409 visits, from which 5.174 were unique.

TABLE II. ACCESS TO THE PLATFORM AND THE STRIKE

	Visits	Unique visits	Pages	Hits
Platform	18 714	12 991	177 029	580 186
Strike	7 409	5 174	11 682	17 870
% of visits	39,6%	39,8%		

3) Teachers consultation

The questions shown in Table III composed the consultation performed. A total of 262 answers, distributed over the "Answers" column, was obtained online, which contrasts with the 8300 signatures obtained on paper, a

preference already pointed out by Sebastião et al. [23]. In the open questions 2.1.3, 2.1.4, 2.2.4 e 2.2.5, several suggestions were performed, of which we highlight "concentrations in the Ministry of Education and Science (MEC)", "camp next to the MEC for a week, being each day ensured by a different region", "nightly vigils in front of the Parliament or MEC", "indefinite strike to prevent the beginning of the school year", and "thorough discussion about public education", just to name a few.

TABLE III. SURVEY FOR LISTENING THE TEACHERS AND THE NUMBER OF ONLINE ANSWERS

Questions	Answers
1. Strike to reviews	
Continue the strike indefinitely	69
Continue the strike until the end of June	82
End the strike in the week of 17-21	106
2. Other forms of fighting	
2.1 To be performed in this school year	
2.1.1 Concentrations	167
2.1.2 Vigil	113
2.1.3 Several actions next to the MEC (Examples)	80
2.1.4 Others	53
2.2 To perform in September	
2.2.1 Concentrations	129
2.2.2 Manifestations	164
2.2.3 Vigil	164
2.2.4 Actions on schools (which?)	92
2.2.5 Others	39

All answers were stored in a database. In addition to these, data regarding the school, the county and the district of each teacher was also stored. The visits were recorded in Google Analytics, depicted in Fig. 3, which monitored 8.326 unique visits and 11.645 visits, 11.472 of which were from Portugal, distributed by the regions of Coimbra (2564), Lisboa (1609), Porto (1207), Viseu (983), Aveiro (928), Setúbal (873), Leiria (709), Castelo Branco (551), Faro (464), Guarda (446), Braga (295), Santarém (247), Madeira (122), Viana do Castelo (107), Évora (88), Açores (80), Beja (79), Portalegre (68) and Bragança (52). The response rate was of 3.15%.

Overall, mobile devices were used only by 7% of visitors.



Figure 3. Overview of visitors between 1 and 30 of June

VI. DISCUSSION

The results presented here show that the reference values have remained similar over time. The education manifest, which targeted the general population, was accessed less than 1%, while the remaining events, which focused on a more professional and educated group, with a high access level to technology, had participation percentages over 50%. In a report about the network society, the Centre for Communication (OBERCOM) states that the Internet use rate by citizens with a higher education is 96.9% [34], which may explain the high number of visits. On the other hand, the effective participation is rather low, as other authors report.

The teachers' consultation shows an interesting aspect. Although it was conducted by several associations or unions all together, which could allow a greater number of participations, the participation levels were not that substantial if compared with other events held only by FENPROF and / or SPRC. Possible causes for this result include: 1) FENPROF gathers more members; 2) the unions that integrate FENPROF have a more active action; 3) FENPROF has more visibility in the media (its leader appears many times on TV).

Does the data presented here support the 90-9-1 rule of Nielsen [21], which states that only 1% of users participate, regardless of the sample size? The effective participation in this study varies between 0.16% and 2.6%, which is not that much different from the aforementioned rule, as shown in Table IV.

As aspired, the teachers' consultation had an impact on the decision-making processes of the promoters, since some of the proposals came true. Furthermore, as stated by those responsible, "the goal was to adapt the fighting directions according to the position there expressed", which the FENPROF did. The impact on the government decisions was limited. As suggested by teachers, there is currently an ongoing petition, over the 20 regions of Portugal, to defend the public school¹³.

The limited use of mobile devices was consistent with the statistics presented in the literature, but further study is necessary since the increasing use of mobile devices could influence the citizens' participation in these type of initiatives. As stated by Ferro and Molinari [17], even if citizens have no Internet, they may have cell phones, and if they are connected, they may migrate to any of the ASCU model profiles.

TABLE IV. SUMMARY TABLE OF THE RESULTS OF THE INITIATIVES

	<i>Teachers' consultation</i>	<i>November Strike</i>	<i>June strike</i>	<i>Education manifest</i>
Target population	163 175	11 740	51.833	5 122 929
Unionized teachers	81 587			
Unionized teachers FENPROF	51 833			
Visits	7,1%	67,9%	14,29%	0,1%
Visits vs total of teachers	7,1%	4,9%	4,5%	3,4%
Visits vs teachers unionized	14,3%	9,8%	9%	6,7%
Visits vs FENPROF	22,5%	15,4%	14,29%	10,6%
Signatures vs visits	2,3%			24,6%

¹³ <http://www.escolapublica.net>

Signatures vs total of teachers	0,16%			0,82%
Signatures vs teachers unionized	0,32%			1,65%
Signatures vs FENPROF	0,51%			2,6%

VII. CONCLUSION AND FUTURE WORK

The analysis of the literature and of performed interviews indicate that no single solution exists for public consultation. A careful planning of methods and technologies to comply with the goals and needs of specific participants, such as teachers, and multi-platform approaches, such as the Liberopinion platform used by FENPROF / SPRC for online engagement, are likely to be the most effective [35].

Due to their foundation and organization, the trade unions will continue to put much emphasis on traditional forms of consultation, meetings with teachers, school debates, manifestations and concentrations in the streets. However, the authors defend that they are likely to lose their influence if they do not adopt new systems of public participation, like Liberopinion, because young people are increasingly focusing on online communication strategies.

The barriers to a greater online participation in policy making are cultural, organizational and non-technological [36]. In Portugal, the OBERCOM [34] states that 75% of respondents never participate in online polls and 72.3% never edit content. According also to OBERCOM [34], the Internet usage is a practice strictly related to each user's literacy level. These results are in agreement with Arnstein [11], i.e., that those involved are near the top of the ladder. Note that the results of the teachers' manifest are closer to the 90-90-1 rule of Nielsen, but, overall, the results obtained for the teachers' events are closer to those of OBERCOM [34] and Ferro and Molinari [17].

The citizens' participation is limited, as also highlighted by the low number of visits in other initiatives. For instance, the Global Parliament, a project created by large media groups, had 70.584 visits in 2012; from April to July, 2014, it had 117.518 visits, which represents an average percentage of less than 5% of visits. Nevertheless, the current study shows that: 1) the greater the focus, the greater the number of visits, which is consistent with other experiments carried out by the authors [37] – note that the number of visits represented 67.9% of the 11.740 SPRC members in the November teachers' strike, and 14.29% of the 51.833 FENPROF members in the strike of June, whereas it only represented 7.1% of the targeted population of 163.175, and 0.1% of a population of 5.122.929 in the teachers' consultation and education manifest, respectively; 2) the largest number of visits is from unionized members; 3) FENPROF has a substantial weight, which agrees with their size; 4) the effective participation and the percentage of lurkers are close to the reference values reported in the literature [18], [21], [38]; 5) there are more subscribers on paper than online, a preference already pointed by other authors; and 6) mobile devices are rarely used.

As future work, it is necessary to include the categories for the nonqualified or marginalized by the society in a new model

of policy-making participation through the development of *m-participation* systems. Accordingly, the Liberopinion platform needs to be optimized to be used on mobile devices (smartphones and tablets). Considering that the report of OBERCOM [34] notes that 99% of people have TV, 88.5% own a mobile phone, and the Internet is the main route for information, there are still questions needing an answer: What strategies should be adopted to capture the attention of these users? What methods should be used for them to participate?

REFERENCES

- [1] P. Dahlgren, *Media and Political Engagement: Citizens, Communication and Democracy*. New York: Cambridge University Press, 2009.
- [2] J. Macnamara, "The quadrivium of online public consultation: Policy, culture, resources, technology," *Aust. J. Polit. Sci.*, vol. 45, no. 2, pp. 1–16, 2010.
- [3] R. Gibson and S. Ward, "Introduction: e-Politics – the Australian experience," *Aust. J. Polit. Sci.*, vol. 43, no. 1, pp. 1–11, Mar. 2008.
- [4] M. Goot, "Is the News on the Internet Different? Leaders, Frontbenchers and Other Candidates in the 2007 Australian Election," *Aust. J. Polit. Sci.*, vol. 43, pp. 99–110, 2008.
- [5] L. Rainie and A. Smith, "The Internet and the 2008 Election," Pew Internet & American Life Project report, USA, 2008.
- [6] Ø. Sæbo, J. Rose, and L. Skiftenes Flak, "The shape of eParticipation: Characterizing an emerging research area," *Gov. Inf. Q.*, vol. 25, no. 3, pp. 400–428, Jul. 2008.
- [7] R. Medaglia, "eParticipation research: Moving characterization forward (2006–2011)," *Gov. Inf. Q.*, vol. 29, no. 3, pp. 346–360, Jul. 2012.
- [8] A. Macintosh, S. Coleman, and A. Schneeberger, "eParticipation: The research gaps," in *Proceedings of 1st international conference on electronic participation, ePart 2009*, 2009, pp. 1–11.
- [9] I. Susha and Å. Grönlund, "eParticipation research: Systematizing the field," *Gov. Inf. Q.*, vol. 29, no. 3, pp. 373–382, Jul. 2012.
- [10] C. Quental and L. B. Gouveia, "Web platform for public e-participation management: a case study," *Int. J. Civ. Engagem. Soc. Chang.*, 2014.
- [11] S. Arnstein, "A ladder of citizen participation," *J. Am. Inst. Plann.*, vol. 35, no. 4, pp. 216–224, 1969.
- [12] Å. Grönlund, "ICT is not participation is not democracy – eParticipation development models revisited," in *Proceedings of 1st international conference on electronic participation, ePart 2009*, 2009, pp. 12–23.
- [13] A. Fung, "Varieties of participation in complex governance," *Public Adm. Rev.*, vol. 66, no. 1991, pp. 66–75, 2006.
- [14] T. Christiano, *The rule of the many: Fundamentals issues in democratic theory*. Boulder, CO: Westview Press, 1996.
- [15] H. Hansen and K. Reinau, "The citizens in e-participation," in *Electronic Government -5th International Conference, EGOV 2006*, 2006, pp. 70–82.
- [16] S. Islam, "Towards a sustainable e-participation implementation model," *Eur. J. ePractice*, vol. 5, no. 10, 2008.
- [17] E. Ferro and F. Molinari, "Making Sense of Gov 2.0 Strategies: No Citizens, No Party," *JeDEM-eJournal of eDemocracy*, vol. 2, no. 1, pp. 56–68, 2010.
- [18] P. Cruickshank, N. Edelmann, and C. Smith, "Signing an e-petition as a transition from lurking to participation," in *Electronic Government and Electronic Participation*, M. Chappellet, J. Glassey, O., Janssen, M., Macintosh, A., Scholl, J., Tambouris, E., Wimmer, Ed. Linz, Austria: Trauner, 2010, pp. 275–282.
- [19] C. Li, "Social Technographics: Mapping Participation in Activities Forms the Foundation of a Social Strategy," Cambridge: MA. Forrester Research, 2007.
- [20] A. Lange, S. Mitchell, M. Stewart-Weeks, and J. Vila, "The connected republic and the power of social networks," Cisco Internet Business Solutions Group, 2008.
- [21] J. Nielsen and B. T. Tognazzini, "Participation Inequality: Encouraging More Users to Contribute," 2014. [Online]. Available: <http://www.nngroup.com/articles/participation-inequality/>.
- [22] C. Quental and L. B. Gouveia, "Public participation employing digital means: will the politicians use new media with old strategies?," in *Actas de la 9ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Informacion*, 2014, pp. 247–253.
- [23] S. Sebastião, A. Pacheco, and M. Santos, "Cidadania Digital e Participação Política: O Caso das Petições Online e do Orçamento Participativo," *Estud. em Comun.*, vol. 11, pp. 29–48, 2012.
- [24] S. Smith and E. Dalakouridou, "Contextualizing Public (e)Participation in the Governance of the European Union," *Eur. J. ePractice*, vol. 7, no. March, 2009.
- [25] AGIMO, "Consulting with Government – Online," Australian Government Information Management Office, Canberra, Australia, 2008.
- [26] C. Tolbert and K. Mossberger, "The Effects of E-Government on Trust and Confidence in Government," in *Public Administration Review*, 2006, pp. 354–369.
- [27] J. Tomkova, "e-consultations: New tools for civic engagement or façades for political correctness?," *Eur. J. ePractice*, vol. 7, pp. 45–55, 2009.
- [28] S. Pinnock, "Organizing virtual environments: national union deployment of the blog and new cyberstrategies," *J. Labor Soc.*, vol. 8, no. 4, pp. 457–468, 2005.
- [29] R. Rego, R. Naumann, and P. Alves, "Towards a typology of trade unions uses of the Internet: preliminary data on the Portuguese case," in *9th Congress of the International Industrial Relations Association*, 2010.
- [30] R. Rego, P. Alves, J. Silva, and R. Naumann, "Os sítios na internet dos sindicatos portugueses: navegação à vista?," *Sociol. Probl. e práticas*, pp. 93–110, 2013.
- [31] M. Correia and P. Marques Alves, "ÁREA TEMÁTICA: Trabalho, Organizações e Profissões," in *Congresso Português de Sociologia*, 2012.
- [32] E.-R. Staiou and D. Gouscos, "Socializing E-governance: A Parallel Study of Participatory E-governance and Emerging Social Media," in *Integrated Series in Information Systems - Comparative e-Government*, C. Reddick, Ed. 2010, pp. 553–559.
- [33] A. Fung, "Varieties of participation in complex governance," *Public Adm. Rev.*, no. 1991, 2006.
- [34] OBERCOM, "Sociedade em rede: A Internet em Portugal 2012," Publicações OBERCOM-Observatório da Comunicação, Lisboa, Portugal, 2012.
- [35] L. Miller and A. Williamson, "Digital Dialogues: Third Phase Report August 2007-August 2008," London: Hansard Society, 2008.
- [36] OCDE, *Promise and Problems of E-democracy: Challenges of Online Citizen Engagement*. Paris: OECD Publications Service, 2003.
- [37] C. Quental, "A mediação digital como suporte para a participação no contexto dos sindicatos de professores - Proposta de um modelo com base na análise de experiências de e-participação," Universidade Fernando Pessoa, 2015.
- [38] J. Preece and B. Shneiderman, "The Reader-to-Leader Framework: Motivating Technology-Mediated Social Participation," *AIS Trans. Hum. - Comput. Interact.*, vol. 1, no. 1, pp. 13–32, 2009.

Análise Automática de Requisitos Não Funcionais em Aplicações Web

Automated Analysis of Non-Functional Requirements for Web Applications

Joel Carvalho, Simão Melo de Sousa,
João Paulo Fernandes, Nuno Pereira
RELIABLE And SECure Computation Group
Universidade da Beira Interior
Covilhã, Portugal
joel.carvalho@ubi.pt, desousa@di.ubi.pt,
jpf@di.ubi.pt, m6691@ubi.pt

Luís Filipe Mendes, Carlos Manuel Figueiredo,
Cátia Raquel Oliveira
Altice Labs
Aveiro, Portugal
luis-filipe-mendes@alticelabs.com

Resumo — Apresenta-se neste artigo, uma *framework* de Automação de Testes de Usabilidade e Acessibilidade Web com potencialidade para ser aplicada noutro tipo de Requisitos Não Funcionais.

Palavras Chave - *Acessibilidade; Usabilidade; Qualidade de Software, Automação de Testes.*

Abstract — This paper presents a Web Usability & Accessibility Test Automation Framework capable to be applied to other types of Non Functional Requirements.

Keywords - *Accessibility, Usability, Software Quality, Test Automation.*

I. INTRODUÇÃO

Em comparação com outras indústrias, a indústria de Software constitui um caso paradigmático no que diz respeito à avaliação de qualidade dos seus produtos [1]. Desenvolver Software de qualidade representa um desafio rigoroso e multidisciplinar, no qual a especificação e execução de testes desempenha um papel cada vez mais relevante.

Neste artigo, apresenta-se uma *framework* que visa a automatização de testes de Usabilidade e Acessibilidade (U&A) dedicada a aplicações Web. Este tipo de testes incide sobre um conjunto de requisitos não funcionais que foram estudados, generalizados e aplicados. Em particular, esta solução foi desenvolvida para colmatar necessidades de avaliação normativa independentemente do tipo de teste.

As contribuições atingidas incluem a criação de mecanismos de exposição de informação na forma de atributos e a tradução de especificações baseadas em asserções, seletores *Cascading Style Sheets* (CSS) e expressões regulares em testes.

Estas contribuições permitem a execução automatizada de testes sem libertar código do produto considerando diferentes contextos reutilizáveis; a criação e personalização de regras com base nas especificidades de cada produto, assegurando a sua utilização em metodologias ágeis de desenvolvimento e processos de integração contínua.

II. AUTOMATIZAÇÃO DE TESTES

A automatização de testes requer alguma forma de especificação, seja ela estática ou dinâmica [2][3][4]. Analisando especificamente a solução [3], constata-se que a avaliação pode ser realizada através da análise estática de *Hypertext Markup Language* (HTML) separando a lógica de avaliação do motor que verifica essa lógica. Para viabilizar esta solução, separou-se a avaliação em duas fases independentes mas intrinsecamente ligadas: na primeira elabora-se manualmente a especificação formal das *guidelines* extraindo uma estrutura da *guideline* original (linguagem natural); na segunda concretiza-se a avaliação através das etapas: i) pesquisa e recolha das páginas a avaliar; ii) captura dos dados de Usabilidade necessários e iii) validação de *checkpoints* (diferentes propriedades) das *guidelines* a avaliar.

A lógica seguida na implementação da *framework* desenvolvida também consistiu na separação da execução dos testes da sua especificação. Apesar da *framework* concretizar a especificação de testes de U&A a mesma utiliza técnicas que são transversais aos testes sobre Requisitos Não Funcionais (RNFs). Além disso, a especificação é decomposta em duas fases dedicadas a diferentes especialistas. Numa fase, os especialistas em U&A especificam os *checkpoints* e as *guidelines* e noutra, os especialistas em Automação de Testes especificam quais os *checkpoints* e/ou *guidelines* que o sistema deve respeitar.

III. USABILIDADE E ACESSIBILIDADE

Para concretizar o esforço de especificação de testes de U&A foi necessário refletir sobre as atividades automatizáveis e suas vantagens/desvantagens. Em termos de Acessibilidade essa reflexão é trivial devido à existência da *Web Content Accessibility Guidelines* (WCAG) 2.0. No entanto, a automatização de avaliação de conformidade normativa não permite uma análise completa da Usabilidade [2]. Esta técnica de avaliação deve ser complementada com a criação e utilização de *Personas*, definição de cenários de utilização,

observação de utilizadores, realização de entrevistas, avaliação por peritos, entre outras [5][6].

Independentemente da ausência de completude, existem várias vantagens na automatização parcial da avaliação da Usabilidade [2] que levam à redução de custos e esforço, ao incremento de cobertura e consistência da avaliação bem como facilitam a comparação e previsão de custos.

No contexto deste estudo, identificam-se ainda quatro estratégias, focadas nas atividades de Análise e Crítica [2], para automatizar a avaliação da U&A.

A. Conformidade Normativa

Existem hoje centenas de ferramentas de Avaliação Automatizada de Acessibilidade Web (<http://w3.org/WAI/ER/tools/>) que analisam a conformidade de normas. Entre elas, a norma WCAG 1.0, a WCAG 2.0, a *Section 508* e outras.

Além da Acessibilidade, existem ferramentas que verificam individualmente ou de forma agregada os seguintes aspetos:

- Conformidade com *guidelines* de Usabilidade do Governo Americano e outras entidades;
- Conformidade com *Standards* HTML e CSS;
- Coerência de navegação verificando ausência de hiperligações inválidas e a legibilidade das mesmas;
- Conformidade com recomendações *Search Engine Optimization* (SEO) da Google e outras empresas;
- Contraste do texto e elementos gráficos comparando as cores de *foreground* e *background*;
- Compatibilidade da *interface* com diferentes navegadores, versões e resoluções gráficas.

B. Predição de Utilização

A avaliação da Usabilidade também pode ser feita de forma Automatizada utilizando mecanismos de Inteligência Artificial e/ou modelos de predição de Interação Humana com o Computador (IHC) (*Goals, Operators, Methods and Selection* (GOMS) e Análise Cognitiva de Tarefas). Esta estratégia é de momento aplicada para analisar o primeiro impacto da *interface* junto do utilizador ou até mesmo para segmentar a interface e determinar a ocorrência de certos padrões [7].

C. Simulação de Utilização

Ferramentas como o Selenium (<http://seleniumhq.org/>) permitem automatizar o navegador para executar tarefas que normalmente são realizadas pelo utilizador. É possível com isto simular o preenchimento de formulários, a submissão dos mesmos, a navegação entre páginas, etc. Através desta ferramenta é possível especificar e executar cenários de utilização num processo de integração contínua. Esta estratégia pode ser utilizada para avaliar tempos de execução bem como para validar mensagens informativas, sugestivas, ou de erro.

D. Verificação Formal

Outra estratégia consiste na conversão de diagramas (*Unified Modeling Language* (UML) e outros) ou até mesmo da *interface*, em modelos formais [8]. Estes modelos formais passam a representar os elementos com o qual o utilizador pode

interagir e o comportamento do sistema, sendo possível estabelecer provas sobre questões de Usabilidade.

IV. AVALIAÇÃO DE INTERFACES WEB RICAS

Ao nível aplicacional é de salientar que as *Rich Internet Applications* (RIA) funcionam com base no conceito de separação do processamento no cliente do processamento no servidor utilizando comunicações assíncronas [9].

Considerando que as Tecnologias de Apoio (como os conversores de texto em voz) funcionam com base numa estrutura linear de conteúdos [10], ao contrário do que acontece nas RIA, foi publicada em 2014 a primeira versão das recomendações WAI-ARIA da *World Wide Web Consortium* (W3C) para extensão dessa estrutura. Estas recomendações determinam a utilização de um conjunto de dados semânticos nos elementos HTML, das RIA, considerando alterações da estrutura e dos conteúdos de forma dinâmica [10].

Ao nível contextual, as recomendações previamente citadas facilitam a automatização da avaliação da Acessibilidade mas a falta de consenso na vertente de Usabilidade leva vários autores a defenderem abordagens distintas [5]. No entanto, independentemente da abordagem e do requisito, a avaliação deve ser suficientemente abrangente para analisar vários tipos de *interfaces*. No caso deste estudo, qualquer tipo de *interface* Web, o que inviabiliza apenas análise do código HTML original (gerado pelo servidor).

Em 2013 foi apresentado o resultado de um estudo experimental sobre várias técnicas de Avaliação Automatizada de Acessibilidade Web [11]. Neste estudo foram determinadas as características da avaliação ao HTML Original (HTML devolvido pelo pedido HTTP), ao HTML renderizado (após aplicação do CSS e Javascript/Ajax) e à estrutura do HTML gerada após interação com elementos. Este estudo conclui que a avaliação da Acessibilidade com esta terceira técnica, considerando simulação de interação, apresenta resultados mais assertivos do que as outras duas técnicas.

V. IMPLEMENTAÇÃO

O desafio traçado concretizou-se no desenvolvido uma *framework* de avaliação automatizada da U&A de *interfaces* Web (incluindo as RIA), com base na ferramenta AChecker [12], considerando um determinado contexto de utilização e um conjunto de ações determinadas. Esse contexto tanto pode indicar a resolução gráfica da interface a ser avaliada como o navegador e o sistema operativo em que a mesma vai ser renderizada. Tendo como vantagem a utilização de um núcleo com maturidade todos os esforços foram centrados no melhoramento dos aspetos descritos de seguida.

- *Melhoramento do código* – Refatorização de código para produção de documentação, introdução de *namespaces* e atualização de bibliotecas externas.
- *Melhoramentos da API* – Enriquecimento das funcionalidades para identificação do contexto, definição da resolução gráfica, entre outras.
- *Melhoramento dos relatórios* – Introdução de mecanismos de filtragem e pesquisa bem como identificação dos *checkpoints* corretamente avaliados, com problemas ou que não foram avaliados.

- *Minimização da degradação dos tempos de execução* – Um dos problemas da automatização de testes prende-se com a degradação dos tempos de execução com o crescimento de complexidade dos sistemas avaliados. Fez-se regularmente a avaliação dessa degradação e minimizou-se o efeito sempre que possível.
- *Melhoramento da especificação* – Apesar dos *checkpoints* serem implementados dinamicamente, considerou-se que a linguagem de especificação não era intuitiva nem satisfatória.
- *Criação de WebCrawler* – Para completar a validação das interfaces e possibilitar a validação das RIA decidiu-se que a *framework* não deveria aceder ao HTML original das páginas mas sim ao HTML renderizado e manipulado por ações de *hover* e clique.
- *Criação de especificação Behavior Driven Development (BDD)* – Por fim, fez-se a implementação *steps* de Cucumber para invocação remota da API. Este tipo de especificação é bastante diferente da especificação dos *checkpoints* uma vez que a este nível considerou-se contraproducente se fosse dada a possibilidade de especificação concreta dos mesmos.

Na *Figure 1* a arquitetura da *framework* QChecker é decomposta e hierarquizada por três módulos. Estes módulos são independentes uma vez que as implementações variam e porque podem ser executados em sistemas computacionais distintos, no entanto todos eles estão interligados.

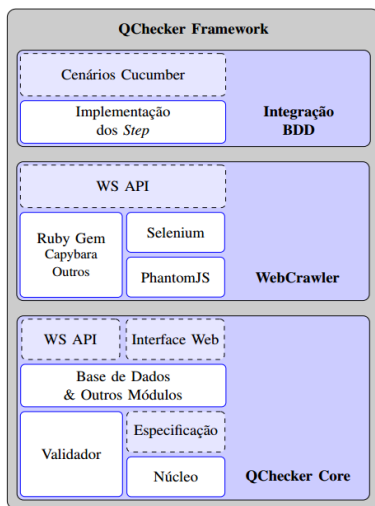


Figure 1. Arquitetura da Framework QChecker

No topo da hierarquia é apresentado o módulo de integração com ferramentas de testes automatizados que consiste numa implementação Cucumber.

No segundo nível da hierarquia é apresentado o módulo responsável por escalonar, renderizar e manipular as interfaces a serem testadas. Este módulo faz a gestão dos diferentes navegadores, das configurações associadas, das ações a executar e por fim gera o HTML processado da página visitada.

Apesar do último módulo da hierarquia, designado por QChecker Core, ser responsável pela especificação e pela implementação dos *checkpoints* o mesmo tanto lida com HTML Original como com HTML processado.

A. QChecker Core

O módulo QChecker Core (<https://github.com/JoelCarvalho/AChecker/tree/QChecker>) representa sumariamente a evolução do AChecker, cuja designação foi reformulada para espelhar o objetivo mais alargado. Acredita-se que uma ferramenta com estas características pode ser utilizada para especificar vários tipos de testes e como tal servir o propósito de avaliar de forma alargada a qualidade de um sistema Web. No entanto, de momento a ferramenta apenas contempla *checkpoints* de U&A.

Este módulo divide-se em várias componentes, algumas das quais omissas na figura, mas desde logo destacam-se duas interfaces distintas no topo da hierarquia e uma terceira interface, junto do núcleo, designada por especificação.

Enquanto a interface Web permite a gestão do sistema juntamente com a interface de especificação, através de uma área reservada, a interface WS API acaba por ser a mais relevante uma vez que é ela que permite a invocação remota do QChecker Core, seja através do módulo de Integração como de qualquer outra ferramenta capaz de executar *requests* HTTP. Nesses *requests* podem ser fornecidos diversos parâmetros para configurar o ambiente de teste, nomeadamente *uri*, *id*, *guide*, *check*, *context*, *resolution*, *config*, *port* e *offset*. Recomenda-se leitura da documentação fornecida na plataforma.

De salientar que a interface Web teve de sofrer algumas alterações para permitir a consulta e edição das *abbreviation* (seja das *guidelines* como dos *checkpoints*); para permitir a edição dos *checkpoints* na página de edição das *guidelines* e para permitir a identificação parcial do contexto de avaliação de uma página sem utilização da API. Em contrapartida a interface gráfica de especificação manteve-se inalterada mas a componente de especificação invocada na edição das funções dos *checkpoints* sofreu grandes alterações. A especificação original do AChecker depende de um conjunto alargado de funções implementadas num módulo designado por *BasicFunctions*, requerer retorno de valores booleanos e em muitas situações a utilização de blocos condicionais.

No QChecker Core introduziu-se uma lógica de especificação baseada em asserções ao estilo do que acontece na especificação de testes unitários. Além disso aproveitaram-se técnicas associadas aos *parsers* HTML/XML que permitem pesquisas na estrutura utilizando seletores e nalguns casos também se permite a utilização de expressões regulares. Este tipo de especificação apoia-se fundamentalmente no princípio da informação estar disponível na estrutura DOM da página. Muita informação existente na renderização de uma interface Web simplesmente não está disponível no HTML Original. Situação que é ultrapassada com o WebCrawler que tem como principal função processar e expor toda a informação pertinente na forma de atributos adicionais. Por exemplo, a posição absoluta e relativa de todos os elementos HTML é injetada na estrutura DOM com um prefixo próprio que posteriormente pode ser avaliado nas asserções. Além disso, esta especificação

remove a obrigação de utilização de blocos condicionais bem como a utilização de mecanismos de retorno.

A especificação é complementada com métodos auxiliares para filtragem de elementos, para apresentação de informação adicional no relatório, para construção de expressões lógicas mais complexas bem como para interrupção da validação do *checkpoint*. No que diz respeito à especificação de U&A desenvolveram-se cerca de 40 *checkpoints* e alteraram-se alguns existentes na *guideline* WCAG 2.0 (implementada no AChecker) para efeitos experimentais.

```
$filter["element"] = "a, button[type='button']";
filterElement($filter);
$expected["text"] = "/^[^A-Z]+$/";
assertAttributeValue($expected);
```

Listing 1. Especificação QChecker Ex. 1

```
$filter["element"] = "p";
assertAttributeConsistency(
    array("font-family", "font-size"));
```

Listing 2. Especificação QChecker Ex. 2

Na *Listing 1* e *Listing 2* apresentam-se exemplos deste tipo de especificação onde também é apresentada a funcionalidade de filtragem adicional que foi implementada considerando que o mecanismo de avaliação (Validador) requer identificação prévia do elemento a avaliar. Na prática o Validador percorre a estrutura DOM de forma iterativa e aplica individualmente cada *checkpoint* a cada elemento filtrado.

No exemplo da *Listing 1* são filtrados todos os elementos *a* e todos os elementos *button* com atributo *type=button* e é verificado, para cada um deles, se o elemento não possui texto em maiúsculas. Neste exemplo são utilizadas matrizes com referências para identificação dos elementos previamente definidos na estrutura das asserções, nomeadamente o elemento a filtrar, bem como o atributo da asserção e o respetivo valor. As referências podem identificar um seletor a aplicar ao pai do elemento, aos filhos, entre outras situações.

No exemplo da *Listing 2* são filtrados os elementos *p* e é verificado se todos possuem o mesmo tamanho de fonte e a mesma família. Este método é utilizado na validação da consistência de atributos tendo considerando seletores mais ou menos abrangentes. Na avaliação do *checkpoint* basta que um dos elementos tenha um destes atributos com valor diferente para ser identificado um problema.

B. WebCrawler

O módulo WebCrawler (<https://github.com/JoelCarvalho/WebCrawler>) foi desenvolvido de raiz e faz uso de várias ferramentas utilizadas na indústria, nomeadamente o Capybara (*Gem* de Ruby) que permite configuração e invocação de navegadores, bem como, automatização da execução de ações nativas (*hover*, clique, etc.). Apesar das potencialidades desta *Gem* decidiu-se separar a identificação dos elementos em que as ações devem ser aplicadas bem como o processamento e injeção de atributos (enriquecimento do HTML) da manipulação dos navegadores.

Esta separação de tarefas e de responsabilidades entre a *Gem* do WebCrawler e o código Javascript, utilizado pela *Gem*, deve-se a fatores técnicos relacionados com compilação e interpretação, manutenção e evolução bem como com as limitações das respetivas linguagens.

Em termos de estrutura, acrescenta-se que o código em Javascript foi implementado separando alguns aspetos de configuração da definição dos métodos que implementam as várias funcionalidades do WebCrawler. Podem ser criados e utilizados vários ficheiros de configuração de utilizador para cada projeto. Esses ficheiros são identificados na invocação da API do QChecker Core através do atributo *config* e são responsáveis pela identificação da página de *login* do sistema a avaliar (quando necessário); pela identificação dos respetivos dados de acesso; pela identificação dos elementos que permitem abrir *popups* bem como pela identificação dos elementos que os permitem fechar.

Nesta estrutura é preciso não esquecer o ficheiro onde são implementadas as funcionalidades Javascript do WebCrawler que consistem, por exemplo: na atribuição de identificador único a cada elemento html; na identificação da posição absoluta e relativa de cada elemento visível (renderizado) da *interface*; na identificação da cor real (renderizada) e cor de fundo dos vários elementos; no cálculo dos contrastes entre essas cores; na identificação da cor real do elemento bem como a cor de fundo após a ação de *hover*, *mouse down*, *mouse up* e no cálculo dos respetivos contrastes.

C. Integração BDD

Além da especificação das funções de avaliação dos *checkpoints* foi implementada uma especificação mais abstrata (<https://github.com/JoelCarvalho/WebCrawler/tree/master/features>) tendo em consideração conceitos de BDD. Uma vez que esta técnica é associada a testes funcionais, mais precisamente testes de aceitação, e no caso da avaliação da U&A pretende-se avaliar aspetos não funcionais foi necessário adequar a especificação a este contexto.

Seguindo a linguagem Gherkin, utilizada no Cucumber, foi associado a cada um dos *steps* uma especificação que traduz a invocação da WS API do QChecker Core. De seguida são apresentados alguns casos dessa especificação.

- *Given I am on "URL"* – Identificação da página a avaliar, onde o *URL* representa a hiperligação.
- *Given My Context is "HOST.DRIVER"* – Identificação do contexto utilizando o *combined name*, onde o *HOST* representa o *Hostname* do WebCrawler e o *DRIVER* o nome do navegador a executar na avaliação.
- *Given I Want Check Guideline(s) "GUIDELINES"* – Identificação da(s) *guideline(s)* a avaliar, onde as *GUIDELINES* são as *abbreviations* possíveis seja de *guidelines*, respetivos grupos ou subgrupos.
- *Then I Should Not Get TYPE Problems* – Nesta regra identifica-se o tipo de problemas que não se pretendem encontrar no relatório gerado, onde o *TYPE* indica o tipo podendo ele ser: *Known*, *Likely* ou *Potential*.

O Cucumber além de permitir a criação e execução de cenários típicos (ver *Listing 3*), também permite a utilização de cenários orientados a dados, isto significa que é possível

alimentar um cenário com valores descritos numa tabela em Cucumber, facilitando a reutilização para múltiplas páginas.

```

Scenario: Check site.pt
  Given I am on "http://www.site.pt"
  And My context is "QChecker.PhantomJS"
  And My Screen Resolution is "500x800"
  And I Want Check Guideline "WCAG2-AA"
  When I Evaluate U&A
  Then I Should Not Get Known Problems
  
```

Listing 3. Especificação Cucumber (Integração BDD)

Nesta implementação para cada execução Cucumber é criada uma pasta onde são armazenados todos os relatórios gerados pelo QChecker. Desta forma além das informações apresentadas nos relatórios Cucumber é sempre possível ter acesso aos relatórios gerados pela *framework* com a informação detalhada de todos os problemas identificados. Feitas as devidas configurações dos servidores associados ao QChecker Core e ao WebCrawler é possível que vários computadores utilizem esta especificação de forma transparente e em simultâneo.

VI. VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL

A validação experimental da *framework* focou-se na comparação de resultados entre a utilização de diferentes contextos para os seguintes sistemas:

- *Sistema A* – Protótipo funcional, de um produto da Altice Labs (em desenvolvimento), do qual foram selecionadas 30 páginas representativas;
- *Sistema B* – Protótipo funcional, de um produto da Altice Labs numa fase de desenvolvimento avançada, do qual foram selecionadas 123 páginas;
- *Sistema C* – Protótipo demonstrativo de um produto com 45 páginas que não sofreu alterações e que foi utilizado ao longo do desenvolvimento da *framework*;
- *Sistema D* – Aplicação final (mas atualmente desativada) que foi utilizada para comparação entre os resultados da WCAG2-AA avaliada pela QChecker Framework e pela versão oficial do AChecker.

Os testes dos Sistemas A, B e D foram realizados nas instalações da Altice Labs de forma Sequencial, para não influenciar os tempos de execução, numa Máquina Virtual com um núcleo e 4Gb de memória. O Sistema C foi testado com combinações de duas, três e mais execuções em simultâneo numa Máquina Virtual com três núcleos e 8Gb de memória.

A. Avaliação de Usabilidade e User Experience (UX)

Seja ao nível da Usabilidade, seja ao nível da UX, muitas regras para avaliar estas questões requerem informação que não existe no HTML Original e consequentemente dependem do WebCrawler. Para confirmar o comportamento e as potencialidades da *framework* foram desenvolvidos 26 *checkpoints* sustentados em 12 regras dedicadas e aplicadas aos sistemas A, B e C da Altice Labs. Na *Figure 2* são apresentados alguns dos resultados obtidos na avaliação destas regras, considerando apenas um contexto, uma vez que ambos os contextos utilizados na avaliação do Sistema B produziram exatamente os mesmos resultados.

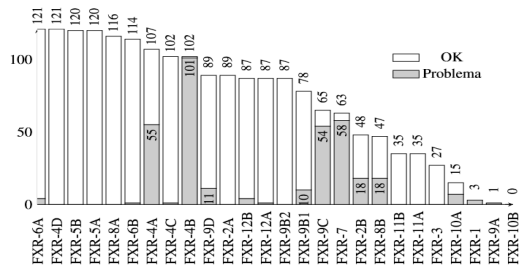


Figure 2. Problemas Detetados no Sistema B

As barras escuras representam o número de páginas em que foram identificados problemas, as barras claras acumuladas às anteriores, representam o número de páginas em que cada *checkpoint* foi avaliado sem se detetar qualquer problema (aos valores apresentados deve ser subtraído o da barra escura). Os casos omissos representam o número de páginas em que cada *checkpoint* não foi avaliado por não se aplicar. Por exemplo, no FXR-2B, foram detetadas 18 páginas com problemas, 30 páginas (48-18) foram avaliadas sem serem detetados problemas e nas restantes 75 páginas (123-48), o *checkpoint* não foi avaliado porque a regra não foi aplicada.

Esta e as restantes avaliações demonstraram estabilidade da *framework* independentemente de se constatar que existem *checkpoints* que necessitam revisão. Destacam-se desde logo dois motivos, um deles consiste na identificação excessiva de *checkpoints* que não foram aplicados, como é o caso do FXR-1, FXR-9A, FXR-10B, e o outro consiste na identificação de falsos positivos, como é o caso do FXR-4B, FXR-7, FXR-9C. Apesar de não serem quantificados nem representados graficamente estes resultados são confirmados pelo comportamento análogo nos testes realizados ao sistema A e C. Salienta-se no entanto que vários *checkpoints* apresentaram resultados expectáveis, nomeadamente: FXR-2A; FXR4C; FXR-4D; FXR-5A; FXR-5B; FXR-6A; FXR-6B; entre outros.

Apesar do WebCrawler apresentar um melhor desempenho quando associado ao PhantomJS, os tempos de execução do núcleo do QChecker (na avaliação dos *checkpoints*) acabam por minorar essa diferença. Nestas 123 páginas a avaliação feita com o PhantomJS reduziu o tempo total de execução da *suíte* em cerca de 6 min., em termos absolutos a avaliação com PhantomJS durou 24 min. e com Chrome 30 min.

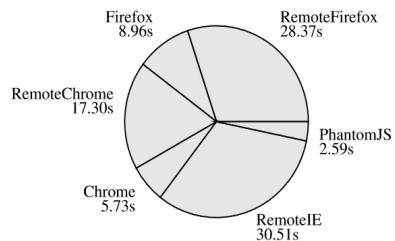


Figure 3. Tempos Médios de Execução do WebCrawler no Sistema A

Analisando a *Figure 3*, verifica-se uma variação significativa nos tempos médios de execução dos diferentes

contextos. Nesta figura os contextos identificados com prefixo *Remote* representam a utilização dos navegadores num ambiente remoto ao WebCrawler. Na realidade esses contextos representam a utilização de uma Grid Selenium cujo nodo foi configurado no Windows fazendo-se a comparação entre a execução de navegadores locais ao WebCrawler (em modo *headless*) numa Máquina Virtual CentOS e a execução de navegadores num ambiente Windows (modo nativo).

B. Avaliação de Acessibilidade

Na avaliação da WCAG2-AA, realizada no Sistema D, é de salientar que os resultados obtidos pelo QChecker variam, entre si, ligeiramente em diferentes contextos para dois casos. Um desses casos está relacionado com os *checkpoints* ACR-49 e ACR-273 que demonstram comportamentos diferentes do Internet Explorer (IE) para os restantes navegadores. O ACR-49 gerou sempre um problema em todas as páginas com IE enquanto nos restantes navegadores não e o ACR-273 não foi avaliado no IE. O segundo caso está relacionado com uma página onde o *google maps* é utilizado e que faz variar a quantidade de problemas detetados pelo *checkpoint* ACR-1.

As diferenças notam-se entre a avaliação feita pelo AChecker e pelo QChecker. Verificou-se no geral que o QChecker detetou mais 30 problemas por página, com exceção de três páginas. Numa foram detetados pelo QChecker mais 78 problemas, noutra mais 106 e noutra mais 200. Analisando estes resultados conclui-se que algumas alterações feitas ao núcleo do QChecker combinadas com a utilização do WebCrawler permitem que mais elementos sejam analisados. Por exemplo na regra ACR-197, enquanto o AChecker apenas analisa 33 elementos, o QChecker analisa 55. Estes valores correspondem também ao número de problemas detetados com este *checkpoint* uma vez que a regra força a geração de um problema para todos os elementos HTML a com atributo *href*.

A identificação dos *checkpoints* que não foram avaliados permite ainda concluir que no Sistema D, entre 40 a 60 *checkpoints* da WCAG2-AA (por página) nem são analisados pelo QChecker. Pode-se também concluir que entre 55 a 75 *checkpoints* são analisados sem serem detetados problemas.

C. Avaliação de Desempenho da Framework

Verificou-se que a forma mais eficiente para melhorar o desempenho da *framework* consiste na execução de múltiplos cenários em simultâneo mas isso requer monitorização dos recursos computacionais. Por exemplo, nos testes realizados ao Sistema C verificou-se que a execução de uma *suite* por núcleo, numa Máquina Virtual com 3 núcleos e 8Gb de memória, era adequada. Mais do que isso comprometiam-se os tempos de execução dado que o sistema atingia 100% da sua capacidade de processamento. Para evitar esta situação os testes também foram distribuídos pela Grid Selenium e nesse caso parte do processamento era dispersado por dois computadores. Um dos computadores serviu para executar a Grid Selenium e a Máquina Virtual do QChecker e outro computador foi utilizado para executar o nodo onde foram instanciados vários contextos remotos.

Comparando a execução sequencial com a execução em paralelo verifica-se, em média, que os tempos de execução de cada teste executado em contexto local aumentam cerca de 20%, enquanto os tempos de execução dos contextos remotos aumentam menos de 10%. No entanto, esta análise é feita individualmente para cada teste, olhando para o conjunto dos testes executados em simultâneo verifica-se que se consegue fazer o dobro ou o triplo dos testes no mesmo período de tempo, desde que os recursos não sejam saturados.

VII. CONCLUSÕES

Apresentou-se neste artigo uma *framework* capaz de automatizar a execução de testes de U&A, bem como de UX, com base na criação de cenários BDD, na definição de *guidelines* e na especificação de *checkpoints*.

Identificou-se e validou-se experimentalmente uma abordagem distinta e plausível para a especificação de Testes sobre Requisitos Não Funcionais. Esta especificação é feita em dois passos, sendo no primeiro identificadas as *guidelines* e/ou *checkpoints* e no segundo é feita a especificação funcional de cada *checkpoint*. Este tipo de especificação foi inspirado nas ferramentas de testes unitários, implicando que toda a informação seja exposta na forma de atributos na estrutura representativa do sistema, no caso das aplicações Web na estrutura DOM. Estes atributos funcionam como anotações que são inseridas no código e que servem posteriormente de suporte na avaliação de certas características e/ou comportamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] I. C. Society, "SWEBOOKv3.0 - Guide to the Software Engineering Body of Knowledge", IEEE Computer Society Products and Services, 2004.
- [2] M. Y. Ivory and M. A. Hearst, "The state of the art in automating usability evaluation of user interfaces", ACM Comput. Surv., vol. 33, no. 4, pp. 470–516, Dec. 2001.
- [3] J. Vanderdonck and A. Beirekdar, "Automated web evaluation by guideline review", J. Web Eng., vol. 4, no. 2, pp. 102–117, 2005.
- [4] J. M. Alexici Dingli, "Useful: A framework to mainstream web site usability through automated evaluation", International Journal of Human Computer Interaction, 2011.
- [5] A. Dix, J. Finley, G. Abowd, and R. Beale, "Human-computer Interaction", 2nd Ed, Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, 1998.
- [6] J. Nielsen, "Usability Engineering", San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993.
- [7] R. Cassino, M. Tucci, G. Vitiello, and R. Francese, "Empirical validation of an automatic usability evaluation method", Journal of Visual Languages & Computing, vol. 28, no. 0, pp. 1–22, 2015.
- [8] M. Sousa, J. C. Campos, M. Alves, and M. D. Harrison, "Formal verification of safety-critical user interfaces: A space system case study", Formal Verification and Modeling in Human-Machine Systems: Papers from the AAAI Spring Symposium. 2014, pp. 62–67.
- [9] P. Fraternali, S. Comai, A. Bozzon, and G. T. Carughi, "Engineering rich internet applications with a model-driven approach", ACM Trans. Web, vol. 4, no. 2, pp. 7:1–7:47, Apr. 2010.
- [10] W. M. Watanabe, "Avaliação automática de acessibilidade em ria", Ph.D. dissertation, Universidade de São Paulo.
- [11] N. Fernandes, A. S. Batista, D. Costa, C. Duarte, and L. Carric, o, "Three web accessibility evaluation perspectives for ria", Proceedings of the 10th International Cross-Disciplinary Conference on Web Accessibility. New York, NY, USA: ACM, 2013, pp. 12:1–12:9.
- [12] G. Gay and C. Q. Li, "Achecker: Open, interactive, customizable, web accessibility checking", Proceedings of the 2010 International Cross Disciplinary Conference on Web Accessibility (W4A). New York, NY, USA: ACM, 2010, pp. 23:1–23:2.

A Proposta de um Pacote de Software Utilizando Mapas Conceituais

A Proposal of a Software Package Insert Using Concept Maps

Patrícia Valério Martinez, Simone Fidêncio de Oliveira
Programa de Pós Graduação em Informática - PPGI
UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, PR, Brasil
{pattivaleiro,simonefidencio}@hotmail.com

José A. Fabri, Vanderley F. Da Rosa, Alexandre L'
Erario, Alessandro S. Duarte
Programa de Pós Graduação em Informática - PPGI
UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, PR, Brasil
{fabri, vanderley, alerario, alessandro}@utfpr.edu.br

Resumo — Este artigo tem como objetivo apresentar um artefato de software baseado na ideia do artigo "A proposta de um Pacote de Software Utilizando Mapas Mentais", aos conceitos de Mapas Conceituais. Este artefato, recebe o nome de Bula de Software e irá mostrar quais são as características de um determinado software, informações relacionadas com a tecnologia e os procedimentos utilizados na instalação. No final, será feita uma comparação entre os dados encontrados na proposta utilizando Mapas Mentais com os dados dos Mapas Conceituais.

Palavras Chave – *Mapas Mentais, Mapas Conceituais e artefato.*

Abstract — This article aims to present a software artifact based on the idea of the article "The proposal for a Software Package Using Mind Maps", to the concepts of Concept Maps. This artifact is called the Bull of Software and will show what are the features of a particular software, information related to the technology and procedures used in the installation. In the end, a comparison between the data found in proposed using Mind Maps with data from concept maps will be made.

Keywords — *Mind Maps, Concept Maps e artifact.*

I. INTRODUÇÃO

A teoria da aprendizagem sugere a definição de bases para a construção de significados a fim de que o ser humano possa compreendê-los e, assim, direcionar caminhos para que haja uma aprendizagem [1].

A aprendizagem pode ser o resultado do processamento da aprendizagem mecânica e da aprendizagem significativa.

A aprendizagem mecânica torna-se inevitável e imprescindível, na qual o aprendiz recebe a informação e a registra, de modo que permanecerá um determinado período de tempo. Quando não existem informações complementares, o aprendiz apenas reproduzirá a informação de maneira similar ao conteúdo que lhe foi passado, inviabilizando a

transmissão de aprendizado para resolver problemas análogos em outros cenários [1].

Em contrapartida, a aprendizagem significativa é baseada na informação já existente do aprendiz. Ao se deparar com um novo conteúdo, e imediatamente, este indivíduo consegue estabelecer uma conexão de seu prévio conhecimento e as novas informações, é o momento da construção dos significados, ou seja, a informação é transformada em conhecimento [2].

O mapa conceitual representa um instrumento que facilita a aprendizagem significativa, representando também, um componente para transmitir conceitos. "Quando um aprendiz utiliza o mapa durante seu processo de aprendizagem de determinado tema, vai ficando claro para si as suas dificuldades de entendimento deste tema" [3].

Ao juntar os fatos expostos e tomar conhecimento do trabalho "A Proposta de um Pacote de Software Utilizando Mapas Mentais" [6], seria possível de uma forma clara e objetiva ter uma visão geral do produto da Lima Software também através de mapas conceituais.

A partir daí, surge a ideia de elaborar um artefato semelhante ao artefato criado no trabalho de Mapas Mentais, porém, com Mapas Conceituais.

Este artigo tem como objetivo propor o desenvolvimento de um artefato que mostra as características de um determinado produto de software. Este artefato, recebe o nome de bula de software, conforme a "Bula de Software: Uma Estrutura Definida para Promover a Melhoria da Transparência em Software – BuS" [4], elaborado pelo Grupo de Pesquisas em Engenharia de Requisitos da Universidade Católica do Rio de Janeiro [5].

Assim como em uma bula de medicamento, este artefato deverá trazer em sua estrutura seções que apresentem informações que sejam do interesse do usuário final, bem com contraindicações, composição tecnológica, reações adversas dentre outras seções.

II. TRABALHO RELACIONADOS

Conforme citado na introdução, a ideia proposta neste trabalho surgiu do artigo “A Proposta de um Pacote de Software Utilizando Mapas Mentais [6] e da “Bula de Software: Uma Estrutura Definida para Promover a Melhoria da Transparência em Software – BuS” [4]. O primeiro artigo trata de apresentar um novo artefato de software, o qual compara instruções encontradas em um pacote de remédio. Este trabalho propõe a criação de um mapa mental que mostra quais são as características de um determinado software, informações relacionadas com a tecnologia e os procedimentos utilizados para a sua instalação. E, o segundo artigo trata da especificação de um modelo de documentação para software chamado “Bula de Software – BuS” que pretende organizar a documentação de um software a partir de questões técnicas e de uso do mesmo, sendo uma opção de consulta técnica, influenciando o requisito de transparência.

De forma análoga a uma bula de medicamentos, a BuS foi criada com o objetivo de fornecer aos envolvidos com o software informações técnicas e de utilização. A estrutura de tal bula suportaria desde informações relacionadas às funcionalidades do software até questões tecnológicas.

Na literatura também são disponibilizados alguns estudos que demonstram a aplicabilidade dos mapas conceituais como ferramenta de aprendizagem.

No trabalho “Construindo Mapas Conceituais” [7] foram utilizados os mapas conceituais como ferramenta para avaliar a aprendizagem em uma disciplina de ciências da natureza da Escola de Artes na Universidade de São Paulo. Os resultados obtidos puderam comprovar que o uso do mapa conceitual, torna mais fácil a percepção e a compreensão.

III. MOTIVAÇÃO

Frete à crescente demanda pelos produtos e serviços relacionados com a área de tecnologia da informação, surgem os desafios e naturalmente os conflitos, que invariavelmente necessitam de soluções.

Situações de conflitos podem ser solucionadas se todas as partes envolvidas tivessem uma maior clareza do produto ou serviço que está sendo contratado ou adquirido, tais como tecnologias utilizadas, capacidades de adequação, horário de atendimento, suporte ao produto e várias outras questões.

Tu, Thomborson e Tempero [8], caracterizam o termo transparência com o objetivo de melhorar a comunicação entre as partes envolvidas.

Unindo todas as questões citadas, foi possível fazer uma compilação de fatores que resultou na motivação direta para elaborar o artefato proposto por este trabalho.

IV. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A. Mapa Conceitual

O Mapa Conceitual é uma ferramenta de representação de conhecimento [9]. O aspecto principal de um mapa conceitual

é a representação de relações entre conceitos de um corpo de conhecimento.

“Embora normalmente incluam uma organização hierárquica e, muitas vezes, incluam setas, tais diagramas não devem ser confundidos com organogramas ou diagramas de fluxo, pois não implicam sequência, temporalidade ou direcionalidade nem hierarquias organizacionais ou de poder. Mapas conceituais são diagramas de significados, de relações significativas, de hierarquias conceituais, se for o caso” [10].

Um mapa conceitual deve servir para capturar o maior número possível de informações sobre um determinado domínio.

Para Dutra [11], os mapas conceituais, são representações gráficas de relações entre conceitos. Dutra aprofunda ainda mais esta definição quando diz que o mapa conceitual, baseado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel [1], é uma representação gráfica em duas dimensões de um conjunto de conceitos construídos de tal forma que as relações entre eles sejam evidentes.

B. Mapa Mental

Hogan [12], define Mapa Mental, como um processo de estímulo ao pensamento criativo, planejamento, sumarização e memorização, que permite relacionar um conjunto de ideias, que por sua vez geram novas ideias, atingindo um círculo virtuoso que é a essência do pensamento criativo.

Nesse sentido, Buzan [13], afirma que todo mapa se caracteriza como uma ferramenta de organização de ideias e dentro deste contexto, a ideia principal se localiza no centro do diagrama e as ramificações hierarquizadas subsidiam o entendimento da mesma. É possível relacionar a estrutura de um mapa mental com um neurônio, a ideia central se constitui do núcleo da célula e as ramificações hierarquizadas caracterizam os dendritos (vide Figura 1).

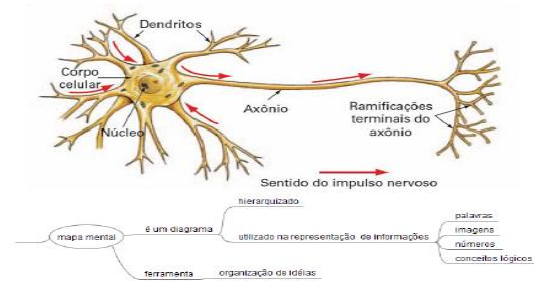


Fig. 1. Relação entre neurônio e um mapa mental

C. Bula de Medicamento

Todo e qualquer medicamento comercializado legalmente no Brasil deve possuir um documento contendo informações esclarecedoras aos pacientes e médicos. O objetivo da bula de medicamento é manter pacientes e médicos informados em relação às características de um determinado medicamento, e ainda de acordo com Caldeira [14], “A bula tem representado em nosso país o principal material informativo fornecido aos

usuários de medicamentos” sendo da alçada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA [15], o esforço de padronizar a estrutura das bulas confeccionadas no país.

D. Proposta para Bula de Software

O presente trabalho, para a confecção da bula, fará uso dos mapas conceituais. A bula em razão de ser uma ferramenta que consegue expor de forma mais clara a exposição do conhecimento e organizá-lo segundo a compreensão cognitiva do seu idealizador.

Será seguido a seguinte estrutura:

- Na seção de informações técnicas, questões relacionadas aos recursos oferecidos pelo software deverão ser descritas de forma resumida e objetiva, para que não produza um mapa conceitual extenso e de difícil leitura e no mínimo será apresentado o escopo do software.
- Na seção de posologia, o mapa deve apresentar questões relacionadas à utilização do software no ambiente de trabalho. Quando existirem limitações em relação ao número de usuários simultâneos suportados pela aplicação, seja em razão da modalidade da licença contratada ou em razão de limitações tecnológicas, elas deverão ser explicitamente descritas neste item.
- Na seção de informações aos usuários, cabe ao mapa conceitual deixar claro aonde os dados da aplicação serão armazenados, quando esse item for aplicável. Outras questões relacionadas ao suporte e atualizações do software, assim como metodologia de implantação também poderão ser apresentadas neste item.
- Na seção de precauções e advertências, o mapa poderia por exemplo, alertar o leitor de que determinadas situações podem deixar o software em um estado inconsistente, fazendo com que o mesmo, no caso de uma tomada de decisão, leve tal fator em consideração.

- Na seção de usuários idosos, o mapa poderia trazer informações relacionadas à usabilidade do produto, informando por exemplo se ele possui ou não recursos para aprimorar a experiência de uso por pessoas idosas ou com algum tipo de limitação, como por exemplo, dificuldades para leitura.
- A parte tecnológica do produto de software em questão poderá ser descrita na seção de composição. Neste item questões como a linguagem de programação, banco de dados utilizados e outras características poderão ser citadas. Quando licenças adicionais forem necessárias para a execução do software em questão, tais licenças deverão ser apresentadas neste item.
- Na seção de reações adversas, o mapa irá apresentar quais softwares são conflitantes com a instalação do produto em questão e mesmo quais instalações ele poderia afetar. Estas informações serão importantes quando a parte interessada na compra do produto já possuir outras soluções de software instaladas em um determinado computador.
- Para finalizar, a seção de contraindicações poderia conter as informações que deixassem claro ao leitor quais situações de uso devem ser evitadas. Essa seção poderá contemplar desde questões relacionadas aos segmentos de mercado não suportado pelo software até questões relacionadas à restrição de uso do software, como por exemplo, quando uma empresa desenvolve um software específico para uma franquia.

Estruturando-se as sugestões apresentadas anteriormente em um mapa conceitual que possa ser utilizado como um molde para a elaboração da bula proposta por este trabalho, poderíamos obter o seguinte mapa conceitual como definição de uma bula de software:

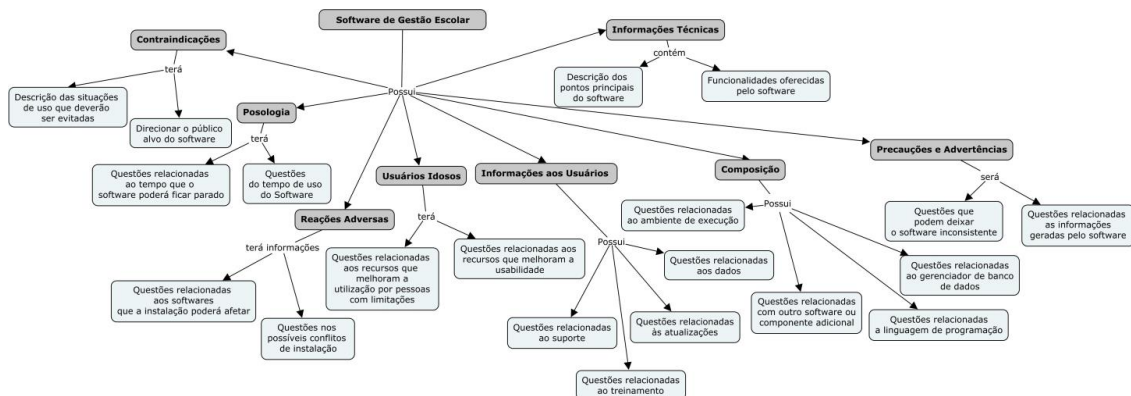


Fig. 2. Proposta de uma bula de software não instanciada.

E. A BULA INSTANCIADA

Uma vez definida a estrutura da bula podemos instanciá-la e criar uma bula real para um determinado software. O presente trabalho visa, além de definir um modelo de bula de software, prover um exemplo de instanciação utilizado um produto de software real.

O exemplo que será apresentado é o mesmo que o artigo “A Proposta de um Pacote de Software Utilizando Mapas Mentais” [6], porém através do mapa conceitual.

Os aspectos do software que foram retratados na bula que será apresentada refletem os pontos que são importantes para o contexto no qual ele é utilizado. Questões como o horário de atendimento da empresa para fornecer o suporte ao software, meios de comunicação, modelo de implantação do software, modelo de fornecimento de treinamentos, atualizações e outras questões são de extrema importância para o seu contexto.

A seguir, será apresentado um modelo reduzido de bula instanciado o qual utilizou como base para sua elaboração um software denominado “Software para Gestão Escolar”.

V. METODOLOGIA

A metodologia adotada teve a pesquisa experimental, a qual realiza testes por meio de um experimento controlado com o objetivo de produzir dados para serem analisados.

Wazlawick, esclarece que na pesquisa experimental, o pesquisador sistematicamente provocará alterações no ambiente a ser pesquisado de forma a observar se cada intervenção produz os resultados esperados[16].

A hipótese defendida por este trabalho é a de que o recurso proposto, baseado em mapas conceituais, deverá aumentar o entendimento das pessoas na comercialização de um software.

O experimento foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Um produto de software já existente foi analisado e teve seu mapa conceitual criado de acordo com as recomendações estabelecidas por este trabalho.

Estudantes na área de ADS (Análise e Desenvolvimento de Sistemas) da UTFPR, de ambos os sexos participaram da pesquisa.

O mapa conceitual desenvolvido utilizou como base um dos produtos de uma empresa de Software.

O mapa conceitual foi desenvolvido por uma analista de sistema.

Após a elaboração do mapa conceitual, 10 alunos do período noturno da UTFPR, receberam o mapa, a explicação dele e do projeto apresentado e um questionário com 10 questões para serem respondidas.

O questionário foi elaborado por dois analistas de sistemas da empresa Lima Software.

O questionário continha questões relacionadas aos recursos oferecidos pelo software bem como algumas questões técnicas e de instalação.

Este questionário foi construído utilizando-se a ferramenta para criação de formulário Google Forms [17].

Após receber os questionários respondidos pelos alunos, foi possível medir o grau de conhecimento, em relação ao software que foi apresentado através do mapa conceitual.

VI. APLICAÇÃO DO MÉTODO DE PESQUISA

Para avaliar a eficácia da bula de software, um experimento envolvendo alunos da UTFPR foi realizado. Um professor da área de Engenharia de Software, realizou a apresentação do mapa conceitual, a explicação do experimento e depois cada aluno recebeu o questionário.

Após analisar a bula, cada aluno respondeu 10 questões apresentadas em um questionário, sendo 4 questões relacionadas às funcionalidades oferecidas pelo software, 2 relacionadas à composição tecnológica, 2 relacionadas aos serviços de atendimento e suporte, e por fim, 1 questão relacionada ao questionário em si, onde foi solicitado o tempo médio gasto para responder ao questionário.

No quadro abaixo, é possível visualizar a relação das questões que foram apresentadas no questionário:

Quadro I. Questões do Questionário Aplicado

Questionário	
	<input type="radio"/> Sim
O software possui controle de ponto dos colaboradores?	<input type="radio"/> Não
	<input type="radio"/> Sim
O software possui a funcionalidade de emissão de boletos bancários?	<input type="radio"/> Não
	<input type="radio"/> Sim
É possível registrar no software os contatos que a secretaria faz com os alunos?	<input type="radio"/> Não
	<input type="radio"/> Sim
O software permite realizar o controle de contas a pagar e contas a receber?	<input type="radio"/> Não
	<input type="radio"/> Sim
O software pode trabalhar com qualquer versão do PostgreSQL?	<input type="radio"/> Não
	<input type="radio"/> Sim
O software pode ser executado em aparelho celular com Android?	<input type="radio"/> Sim
	<input type="radio"/> Não
O suporte oferecido pela empresa produtora do software será presencial ou a distância?	<input type="radio"/> Presencial
	<input type="radio"/> A Distância
O treinamento que a empresa receberá na implantação do sistema será presencial ou a distância?	<input type="radio"/> Presencial
	<input type="radio"/> A Distância
Quanto tempo aproximadamente você utilizou para responder este questionário?	<input type="radio"/> De 1 a 5 minutos
	<input type="radio"/> De 6 a 10 minutos
	<input type="radio"/> De 11 a 15 minutos
	<input type="radio"/> De 16 a 20 minutos
	<input type="radio"/> Mais que 20 minutos
Qual o seu nome?	

VII. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em média, cada aluno demorou de um a cinco minutos para realizar o preenchimento do questionário.

Após coletar o resultado do questionário, foi observado que as perguntas relacionadas com às funcionalidades e suporte, obtiveram mais que 50 % de acerto. Já a pergunta relacionada a tecnologia fica com 50% de acertos.

Para obter uma análise coesa e de fácil compreensão, as respostas obtidas foram categorizadas de acordo com sua natureza, uma vez que o questionário em sua totalidade visava contemplar os pontos mais importantes para o software utilizado como base para o experimento, como por exemplo, suas funcionalidades, composição tecnológica e questões relacionadas ao suporte oferecido ao produto. O quadro a seguir totaliza as questões por aluno, categoria das respostas e índice de acerto:

Quadro II. Totalização das respostas de cada aluno

Aluno	Funcionalidades		Tecnologias		Suporte	
	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros
Aluno A	3	1	2	0	1	1
Aluno B	2	2	0	2	1	1
Aluno C	2	2	0	2	1	1
Aluno D	3	1	0	2	1	1
Aluno E	3	1	2	0	1	1
Aluno F	3	1	0	2	0	2
Aluno G	4	0	1	1	2	0
Aluno H	3	1	1	1	2	0
Aluno I	3	1	2	0	2	0
Aluno J	4	0	2	0	2	0
Total	75%	25%	50%	50%	65%	35%

O experimento realizado no trabalho “A Proposta de um Pacote de Software Utilizando Mapas Mentais”, foi claramente observado um alto índice de acerto nas respostas das questões, sendo que nenhuma das empresas que participaram do experimento tinha conhecimento prévio do software que estava sendo apresentado pela bula.

O quadro a seguir totaliza as questões por empresa, categoria das respostas e índice de acerto:

Quadro III. Totalização das respostas de cada empresa

Empresa	Funcionalidades		Tecnologias		Suporte	
	Acertos	Erros	Acertos	Erros	Acertos	Erros
Empresa 1	4	0	2	0	2	0
Empresa 2	4	0	2	0	2	0
Empresa 3	4	0	2	0	1	1
Empresa 4	4	0	2	0	1	1
Empresa 5	4	0	2	0	1	1
Empresa 6	4	0	2	0	2	0
Total	100%	0%	100%	0%	83,33%	16,67%

A seguir será apresentado o modelo reduzido de uma bula de software instanciada.

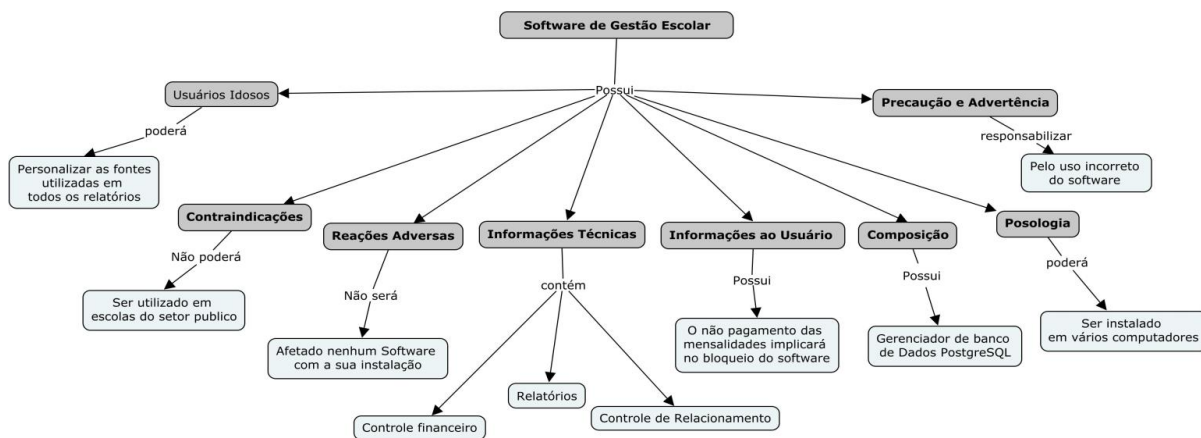


Fig. 3. Modelo reduzido de uma bula de software instanciada.

¹ A versão original da bula instanciada pode ser visualizada em <https://www.dropbox.com/s/fnxjlb4hiqynm9/Mapa%20Bula.jpg?dl=0>

VIII. CONCLUSÕES

No presente artigo, abordou-se a comparação entre as ferramentas: mapas mentais e mapas conceituais.

O experimento realizado por este trabalho mostra que a elaboração de uma bula de software, seguindo a estrutura proposta, obteve o entendimento do software apresentado.

Este trabalho se limitou em aplicar a bula por ele proposta em apenas dez alunos, assim, ainda não é possível fazer generalizações.

No entanto, é necessário cautela em generalizações, pois de acordo com Gil [18] “é muito frequente em pesquisas chegar a conclusões verdadeiras e, contudo, cometerem-se erros, em virtude de generalização precipitada”.

O mapa mental forneceu um ótimo entendimento das características do software utilizado como base para as pessoas que fizeram parte deste experimento.

Este trabalho conclui que dentro do contexto estudado (mapa mentais e mapas conceituais), a bula instanciada a partir do modelo proposto obteve a entendibilidade do software, tornando-o assim mais transparente.

IX. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio, delineado para apresentação deste trabalho, da Fundação Araucária, da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI).

X. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

- [1] AUSUBEL, D. et al. Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Interamericano, 1980.
- [2] TAVARES, R. Aprendizagem significativa. Revista Conceitos, Página 55, Número 10, 2004.
- [3] TAVARES, R. Construindo Mapas Conceituais. Ciências e Cognição, Página 74, Volume 12, 2007.
- [4] Leal, A. L. C.; Almentero, E.; Cunha, H. ; Sousa, H. P.; Leite, J. C. S. P. Bula de Software: Uma Estrutura Definida para Promover a Melhoria da Transparência em Software. In: XV Ibero-American Conference on Software Engineering & XV Workshop on Requirements Engineering, 2012, Buenos Aires. XV Ibero-American Conference on Software Engineering & XV Workshop on Requirements Engineering, 2012. <Disponível em: http://wer.inf.pucrio.br/WERpapers/pdf_counter.lua?wer=WER12&file_name=paper_11.pdf>. Acesso em Agosto 2015.
- [5] Grupo de Pesquisas em Engenharia de Requisitos da PUC-RIO. <Disponível em: <http://transparencia.inf.pucrio.br/wiki/index.php/Integrantes>>. Acesso em: Setembro, 2015.
- [6] Lima F. C.; Fabri J. A.; L'Erario, A. A proposta de uma Pacote de Software Utilizando Mapas Mentais. <Disponível em: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=6670602&abstractAccess=no&userType=>>. Acesso em: Agosto, 2015.
- [7] Tavares, R. Construindo Mapas Conceituais. Departamento de Física, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, Brasil. <Disponível em: <http://www.cienciasecognicao.org/pdf/v12/m347187.pdf>>. Acesso em: Agosto, 2015.

- [8] TU, Yu-Cheng; THOMBORSON, Clark; TEMPERO, Ewan. Illusions and Perceptions of Transparency in Software Engineering. 18th Asia-Pacific Software Engineering Conference, Ho Chi Minh, Vietnam, dec. 2011.
- [9] Novak, J. D. (1998). Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Map as Facilitative Tools in Schools and Corporations. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- [10] Moreira, M. A. (1997). Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Technical report, Anais do 12º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XII ENCITA / 2006. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, SP, Brasil, Outubro, 16 a 19, 2006.
- [11] DUTRA, Í. M. Mapas conceituais no acompanhamento dos processos de conceitualização. Orientadora : Léa da Cruz Fagundes. Co-orientador : Alberto J. Cañas. Tese (doutorado) – UFRGS, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, 2006, Porto Alegre, BR-RS. Revista Informática na Educação: Teoria & Prática. Acesso em: Agosto, 2015.
- [12] HOGAN, CHRISTINE “Mind mapping: some practical application. Training & Management Development Methods”, v.8, 1994.
- [13] BUZAN, Tony. Mapas Mentais: métodos criativos para estimular o raciocínio e usar ao máximo o potencial do seu cérebro. Tradução: Paulo Polzonoff Jr. 1.ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.
- [14] CALDEIRA, Telma Rodrigues; NEVES, Eugênio Rodrigo Zimmer; PERINI, Edson. Evolução histórica das bulas de medicamentos no Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, Apr. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X200800400003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em Agosto, 2015.
- [15] ANVISA - Portal da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. <Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/wps/portal/anvisa/home>>. Acesso em: Agosto, 2015.
- [16] WAZLAWICK, Raul Sidnei. Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [17] Google Drive – Criação de formulários. <Disponível em: <<https://drive.google.com>>. Acesso em: Agosto, 2015.
- [18] GIL, Antônio Carlos. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. 4ª edição. São Paulo: Editora Atlas, 2002. P. 101.

Heurísticas de un Catálogo Multi-modelo para Gestión de Proyectos Software

Multimodel Catalogue Heuristics for Software Project Managemet

Jesús Andrés Hincapié, Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Andrés Felipe Bustamante
Facultad de Ingenierías, Maestría en Ingeniería de Software
Universidad de Medellín, UDEM
Medellín, Colombia
{jehincapie, gpgasca, estmae_ingsw}@udem.edu.co

Resumen — Los proyectos de desarrollo software pueden ser gestionados y ejecutados implementando marcos de trabajo tradicionales o ágiles. La combinación de estos en un entorno multi-modelo puede ayudar a incluir buenas prácticas de ambos marcos de trabajo, teniendo en cuenta factores claves relacionados con la gestión de un proyecto. Sin embargo, la implementación de un entorno multi-modelo tiene una complejidad inherente a la integración de buenas prácticas de diferentes fuentes, la cual aumenta cuando las fuentes tienen diferente naturaleza. Este trabajo define un conjunto de heurísticas y su representación gráfica para utilizar un catálogo multi-modelo para la gestión de proyectos software. El objetivo es homologar las buenas prácticas de marcos de trabajo ágiles y tradicionales en un entorno multi-modelo, usando una validación piloto de la propuesta en el proceso de gestión de requisitos en SCRUM y CMMI-DEV 1.3. Esta validación permitió analizar el comportamiento de la estructura del catálogo, las heurísticas y conseguir un ejemplo de un entorno multi-modelo para marcos de trabajo ágiles y tradicionales.

Palabras Clave - mejora de procesos software; gestión de proyectos de software; entorno multi-modelo.

Abstract — Software development projects can be managed using traditional or agile frameworks. Combining these two approaches into a multi-model environment may help to include best practices from both frameworks, considering project management key factors. However, the implementation of a multi-model environment is complex due to the integration of best practices from different sources. Such complexity increases when the sources have different nature. This paper defines a set of heuristics and its graphical representation for using a multi-model catalogue for software project management. The objective is to homologate best practices of both agile and traditional frameworks in a multi-model environment, using a pilot validation of the proposal for the requirement management process in SCRUM and CMMI-DEV 1.3. Such validation allowed us to analyze the catalogue structure behavior and the heuristics. It also provided us an example of a multi-model environment for agile and traditional frameworks

Keywords – software process improvement; software project management; multimodel environment.

I. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de desarrollo de software pueden ser gestionados y ejecutados implementando metodologías y marcos de referencia tradicionales o ágiles. Los marcos de referencia tradicionales se basan en un conjunto de mejores prácticas que ayudan a tener en cuenta factores clave para el desarrollo de un proyecto de software. Estos marcos de trabajo se enfocan en la definición de pautas y buenas prácticas para desarrollo de productos y servicios, cubriendo todo el ciclo de vida del proyecto de software [1]. Algunos de los marcos de trabajo tradicionales más conocidos son: PMI [2], RUP [3], CMMI-DEV 1.3 [4], ISO 9001 [5] y PSP/TSP [6].

Los marcos de trabajo ágiles proponen pautas orientadas a acelerar la generación de valor iterativamente, buscando que las actividades de mayor valor para el cliente deban ser priorizadas. Estos marcos de trabajo requieren una participación activa del cliente y una frecuente toma de decisiones para definir qué se va a implementar en cada ciclo del proceso evolutivo [7]. Entre los más conocidos están: Scrum [8], Kanban [9], LEAN [10] y XP [11].

La implementación de marcos de trabajo tradicionales puede impactar negativamente el tiempo de desarrollo, debido al mayor detalle de documentación requerida, y el tiempo invertido en procesos de mejora [7]. Mientras que la implementación de marcos ágiles puede obviar factores importantes del ciclo de vida de un proyecto de software, ya que no contemplan las dimensiones propuestas por marcos más robustos como los tradicionales, y se puede incurrir en omisión de actividades si no se integran a partir de otros modelos. Además, las organizaciones tienen dificultades para implementar aspectos de la cultura ágil y a su vez cumplir con rigurosidad todos los requerimientos de los marcos tradicionales [7].

Se han desarrollado estudios donde se propone la integración entre marcos de trabajo ágiles y tradicionales [12], [13] y algunas propuestas aplicadas a la industria [7], [14]. También se han encontrado modelos abstractos de solución para lograr una integración [1], [15], [16] y conjuntos de buenas prácticas

a partir de la unión de ambos marcos de trabajo [17], [18], [19]. Una propuesta que contempla la integración entre marcos de trabajo es el entorno multi-modelo, un enfoque que permite armonizar los modelos de mejora de procesos [20].

No obstante, la definición de un entorno multi-modelo requiere un análisis detallado de las buenas prácticas de cada modelo, que permita enfrentarse a la complejidad de armonizarlos. Dicho análisis permite identificar similitudes y eliminar redundancias para lograr mayores beneficios de la armonización [20].

Las dificultades que tienen las organizaciones para la integración de diferentes marcos de trabajo están relacionadas con: a) la necesidad de clasificar las buenas prácticas y las actividades asociadas a éstas [1]; b) la falta de criterios para la selección de tareas que generan valor al proyecto y la exclusión de aquellas que no generan valor [15]; y c) la necesidad de dividir actividades y correlacionarlas entre diferentes modelos o marcos de trabajo que constituyen un entorno multi-modelo [7].

Una primera aproximación para afrontar las dificultades mencionadas se presenta con el catálogo multi-modelo para la gestión de proyectos [21]. Esta propuesta busca disminuir la complejidad de combinar marcos ágiles y tradicionales en un entorno multi-modelo, mediante el planteamiento y diseño de un catálogo de integración de marcos de trabajo. En este trabajo se propone un conjunto de heurísticas y su representación gráfica para la estructura del catálogo propuesta. Se realiza también una validación piloto enfocada en el análisis del proceso de gestión de proyectos de software, específicamente para prácticas del proceso de gestión de requisitos. Se tiene en cuenta este proceso debido a su relevancia e impacto en el éxito de un proyecto de desarrollo de software [22] y los cambios a los que se puede someter, según la metodología establecida para el desarrollo de un proyecto. Para este trabajo se utiliza el enfoque de CMMI-DEV 1.3 donde la gestión de requisitos es un área de procesos inmersa en la categoría de gestión de proyectos.

Para realizar la validación piloto para el proceso de gestión de requisitos, se tuvo en cuenta la guía de mejora de procesos de CMMI-DEV 1.3 y el marco de trabajo ágil SCRUM. Con esta validación se espera analizar el comportamiento del catálogo respecto a la homologación y articulación de buenas prácticas para la gestión de requisitos de los marcos de trabajo SCRUM y CMMI-DEV. La validación piloto se realiza bajo la premisa de que la gestión de requisitos es un proceso articulado en la categoría gestión de proyectos según el estándar CMMI-DEV 1.3. Además, se analiza SCRUM como un marco de trabajo ágil que comúnmente responde a necesidades de la industria del software, por tanto debe responder a las necesidades de la gestión de requisitos de software.

Se seleccionó CMMI-DEV 1.3 ya que es la guía de mejora de procesos más utilizada en la industria del software que adopta un marco tradicional [4]. Para la articulación del catálogo con los marcos ágiles se seleccionó SCRUM, siendo este el marco más reconocido y adoptado en la industria que ha generado buenos resultados en proyectos de desarrollo de software [23].

Este trabajo tiene la siguiente estructura: en la sección II se presentan los antecedentes y el estudio realizado sobre los enfoques ágiles y tradicionales en la gestión de proyectos de software. En la sección III se explica el conjunto de heurísticas para el catálogo multi-modelo para la gestión de proyectos de software. En la sección IV se muestra la representación gráfica de las heurísticas por medio de la validación piloto en el proceso de gestión de requisitos en los marcos de trabajo SCRUM y CMMI-DEV 1.3. En la sección V se presentan las conclusiones y líneas de trabajo futuro.

II. ANTECEDENTES

Existen diversos estudios que contemplan la integración de metodologías ágiles y tradicionales con enfoque en la gestión de proyectos de desarrollo de software. Se refinó el estudio realizado en [21] para incluir un análisis más profundo sobre las actividades de gestión de requisitos y actualizar la revisión de literatura en búsqueda de nuevos trabajos.

Se utilizó el protocolo de revisión sistemática en ingeniería de software [24], para buscar propuestas relacionadas con marcos de trabajo ágiles y tradicionales. Se pretende analizar las ventajas y desventajas de la aplicación de estos marcos de trabajo ya sea individual o utilizando algún tipo de entorno multi-modelo, donde se integren ambas naturalezas de marcos de trabajo. El efecto esperado del estudio es identificar mejores prácticas de gestión de proyectos de desarrollo de software a partir de la integración de marcos ágiles y tradicionales, identificando a su vez las diferencias en el manejo de requisitos de software entre los marcos de trabajo.

Se realizó una búsqueda en varias fuentes, siguiendo paso a paso las fases descritas en el protocolo utilizado. Después de un proceso de revisión y de aplicación de criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron para evaluación y análisis los artículos que se muestran en la Tabla I.

TABLA I. TRABAJOS SELECCIONADOS

ID Artículo	Año	ID Artículo	Año
ART01 [12]	2014	ART08 [16]	2011
ART02 [14]	2013	ART09 [17]	2013
ART03 [25]	2013	ART10 [7]	2013
ART04 [26]	2014	ART11 [18]	2014
ART05 [13]	2014	ART12 [19]	2010
ART06 [15]	2012	ART13 [27]	2015
ART07 [1]	2012	ART14 [28]	2015

Algunos de los estudios analizados [12] [1] [7] [19] [27] [28] logran explorar en profundidad marcos de trabajo tradicionales relacionados con la planificación de proyectos, manteniendo la sencillez, predictibilidad y planificación necesaria para hacer frente a los cambios. Respecto a las metodologías ágiles, es posible evidenciar que algunos de los estudios analizados en esta revisión dan cuenta del aumento en su uso y adopción. Con mayor profundidad, los estudios [12] [14] [25] [13] [15] [16] [17] [7] [18] coinciden en que la planificación ágil permite el desarrollo de software mediante periodos de tiempo cortos e incluyendo la participación del cliente, para tomar decisiones ágiles con información acertada.

Finalmente, esta revisión sistemática permitió evidenciar estudios donde se plantean estrategias de uso conjunto de mar-

cos de trabajo ágiles y tradicionales. Sin embargo, persisten propuestas donde se plantean los problemas más comunes cuando se utilizan simultáneamente estos marcos de trabajo sin un adecuado entorno multi-modelo. Por lo anterior, este trabajo está motivado sobre la base de la utilización de diferentes marcos de trabajo que ayuden a mejorar la gestión de proyectos de desarrollo de software. El objetivo de la utilización mixta es contemplar las ventajas de un entorno multi-modelo, donde los marcos de trabajo tradicionales ayuden a establecer *qué* hay que hacer y los marcos ágiles ayuden a establecer *cómo* hacerlo [1].

En términos generales, la revisión sistemática permitió evidenciar ventajas del uso de mejores prácticas en marcos ágiles, tales como: mayor tolerancia al cambio, agilidad en la gestión de riesgos [7] y un enfoque social, donde se incluya al cliente y se empodere a los miembros del equipo de trabajo [13].

Igualmente, se evidenciaron ventajas del uso de buenas prácticas en marcos tradicionales, tales como: una buena estructura y artefactos claros y precisos [12], entendimiento y adopción de las actividades clave y un conjunto exhaustivo de prácticas para cubrir el ciclo de vida del desarrollo de software [1].

Además, la revisión sistemática permitió estudiar específicamente el proceso de la gestión de requisitos, concluyendo que dicho proceso se plantea de forma similar en todos los estudios que comprendieron la revisión. Sin embargo, existe una diferenciación marcada entre los enfoques tradicional y ágil, tal como lo plantean Spundak y otros [12]. En los marcos de referencia tradicionales se requiere mayor claridad en los requisitos en etapas tempranas del desarrollo de software, lo que resulta en bajos índices de cambios. Por su parte, los marcos ágiles centran su atención en la construcción de software rápido, sin una especificación detallada de requisitos en etapas tempranas, pero utilizan enfoques creativos e innovadores en el avance del proyecto, permitiendo el cambio de los requisitos durante todo el desarrollo del proyecto.

En los estudios analizados se plantean propuestas enfocadas a utilizar de manera conjunta prácticas ágiles y tradicionales en el proceso de gestión de requisitos, con el fin de gestionar los cambios en los requisitos como un elemento natural en proyectos de desarrollo de software [25]. La inclusión del proceso de gestión de requisitos ágil en marcos tradicionales tiene un impacto en el ciclo de vida del proyecto y en los equipos de trabajo involucrados. Una propuesta que involucre ambas tendencias de manera articulada, podría reducir el tiempo de la especificación y análisis de requisitos en etapas tempranas del proyecto. Esto permitiría crear iteraciones, con duraciones cortas de tiempo, donde se realizan las actividades de ingeniería de requisitos a la par de las actividades de implementación con un equipo multidisciplinario [1].

III. HEURÍSTICAS PARA EL CATÁLOGO MULTI-MODELO

El catálogo multi-modelo para la gestión de proyectos permite organizar una estructura de representación de procesos en términos de cuatro dimensiones. Esta estructura se describe en el trabajo *Multi-model Catalog for Software Projects Management including Agile and Traditional Practices* [21]. A continuación se describen cada una de las dimensiones del catálogo:

- Dimensión 1 – Tipo de actividad. Permite catalogar las actividades en estructurales y de comportamiento;
- Dimensión 2 – Flexibilidad de la actividad. Permite determinar si una actividad es opcional, requerida o flexible. Para esta dimensión, se propone un ajuste del nombre, resultado del análisis del catálogo original [21] a partir del cual se definen las heurísticas.
- Dimensión 3 – Actividades redundantes. Permite identificar actividades enfocadas en un mismo objetivo.
- Dimensión 4 – Actividades complementarias. Permite correlacionar actividades que se complementan.

Para poder implementar el catálogo en un proceso específico de la gestión de proyectos, es necesario definir un conjunto de heurísticas por cada dimensión.

A partir del conjunto de actividades de cada marco y las dimensiones establecidas, se realizó un proceso iterativo de clasificación de cada actividad.

Para las dimensiones 1, 2 y 4, el análisis se realizó individualmente por marco, sin realizar comparativas entre las actividades de los diferentes marcos. Para las actividades de la dimensión 3, se analizaron actividades de los marcos de forma conjunta, para encontrar relaciones de redundancia.

A continuación, se presenta el conjunto de heurísticas definidas por cada una de las dimensiones que estructuran el catálogo multi-modelo.

A. Dimensión 1 – Tipo de actividad.

1) *Definir el nivel de detalle para la comparación de prácticas entre marcos de trabajo.*

2) *Una actividad es estructural cuando indica de forma literal que genera un artefacto tangible después de su ejecución.*

3) *Una actividad es de comportamiento cuando indica recomendaciones para resolver una situación específica, pero no implica la generación de un artefacto tangible.*

B. Dimensión 2 – Flexibilidad de la actividad.

1) *Una actividad es opcional cuando, a juicio de experto, según la experiencia en proyectos desarrollados o utilizando una métrica del tamaño del proyecto, no genera valor para su desarrollo.*

2) *Una actividad es requerida cuando, a juicio de experto, según la experiencia en proyectos desarrollados o utilizando una métrica del tamaño del proyecto, es clave para el éxito del proyecto.*

3) *Una actividad es flexible cuando, a juicio de experto, según la experiencia en proyectos desarrollados o utilizando una métrica del tamaño del proyecto, se puede adaptar a las necesidades o condiciones del proyecto sin que esto afecte su éxito.*

C. Dimensión 3 – Actividades redundantes.

1) *Una actividad es redundante cuando se pueden identificar claramente otras actividades que están orientadas*

al cumplimiento de un mismo objetivo entre los diferentes marcos de trabajo que se están estudiando.

2) Una actividad no es redundante cuando no se identifican similitudes significativas con otras actividades similares entre los marcos de trabajo, ni se identifican objetivos similares direccionando dicha actividad.

D. Dimensión 4 – Actividades complementarias.

1) Una actividad es complementaria cuando se identifica una dependencia entre las diferentes actividades de un mismo marco de trabajo.

IV. VALIDACIÓN PILOTO DEL CATÁLOGO MULTI-MODELO

Con esta validación se pretende analizar el comportamiento de la estructura del catálogo y de las heurísticas definidas para cada dimensión. El objetivo es conseguir la homologación y la articulación de buenas prácticas para la gestión de requisitos de diferentes marcos de trabajo. Se seleccionó la guía de mejora de procesos CMMI-DEV 1.3 y el marco de trabajo ágil SCRUM.

En la guía de mejora de procesos CMMI-DEV 1.3 el proceso de gestión de requisitos tiene como objetivo mantener un conjunto actual y aprobado de requisitos durante la vida del proyecto, teniendo en cuenta prácticas como la gestión de cambios, la trazabilidad y la alineación de los requisitos, así como la toma de acciones correctivas necesarias durante el desarrollo del proyecto [4].

En el marco de trabajo SCRUM, la gestión de requisitos se encuentra definida en términos de actividades. Estas actividades parten de un conjunto de ceremonias y roles, incluyen actividades relacionadas con la definición y validación de los requisitos establecidos en el *product backlog*, actividades de planificación que se definen en el *sprint planning* y el establecimiento de ceremonias como reuniones diarias, reuniones de revisión y planificación constante del trabajo pendiente [29].

Para comenzar el análisis de los marcos de trabajo mencionados, siguiendo el catálogo multi-modelo para gestión de proyectos, se establecieron códigos numéricos para la identificación de las estructuras de cada marco de trabajo. La definición de dichos códigos respeta la estructura original de los marcos de trabajo, organizando numéricamente las prácticas presentadas en cada uno de ellos.

Por lo anterior, para CMMI-DEV 1.3 se mantuvo la codificación establecida en el marco de trabajo, estableciendo un prefijo SubP, que identifica las Subprácticas y conservando la nomenclatura que maneja el estándar.

Para SCRUM se definió un número consecutivo respetando el orden de presentación de los entregables para cada ceremonia. Se estableció un prefijo que corresponde a las iniciales de la ceremonia en la que está mencionado el entregable según Scrum Alliance en [29].

Para conseguir una definición del entorno multi-modelo entre Scrum y CMMI-DEV 1.3, fue necesario crear una representación gráfica de cada una de las dimensiones que respondiera a las heurísticas definidas. Dicha representación gráfica de las heurísticas se muestra en la Fig. 1.

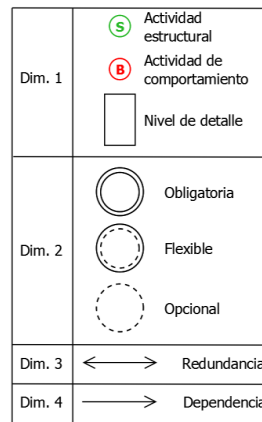


Figura 1. Representación gráfica de heurísticas para el entorno multi-modelo

La validación piloto se realiza tomando como punto de partida la primera práctica específica de CMMI-DEV 1.3, es decir REQM SP 1.1 *Obtener un entendimiento de los requisitos*. Para SCRUM se utiliza la primera ceremonia definida por Scrum Alliance, es decir *Product Backlog* y se utiliza el número consecutivo para representar las prácticas relacionadas. En la Fig. 2 se presenta el entorno multi-modelo resultante de aplicar las heurísticas para los dos marcos definidos antes, de la siguiente forma:

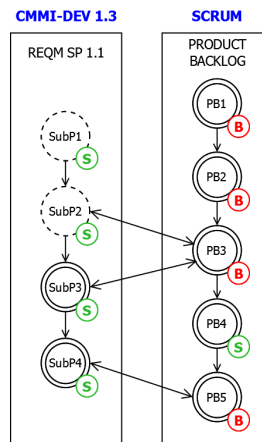


Figura 2. Entorno multi-modelo de la validación piloto

1) *Dimensión 1.* El nivel de detalle definido para el análisis de estos marcos de trabajo es a nivel de prácticas específicas de CMMI-DEV 1.3 y de las ceremonias para el caso de SCRUM.

A partir de lo anterior se catalogan las actividades dentro de cada marco de trabajo como se muestra en la Fig. 2. Para REQM SP 1.1 se identifican todas las subprácticas como estructurales y para SCRUM cuatro actividades de la ceremonia Product Backlog son de comportamiento y una es estructural.

2) *Dimensión 2.* Se determina que solo las actividades SubP1-Establecer criterios para distinguir a los proveedores apropiados de requisitos y SubP2-Establecer criterios objetivos para la evaluación y aceptación de los requisitos de REQM SP 1.1 son opcionales. El resto de las prácticas de ambos marcos de trabajo son requeridas.

3) *Dimensión 3.* Se definen como actividades redundantes entre los dos marcos a SubP2 y SubP3-Analizar los requisitos para asegurar que se cumplen los criterios establecidos de CMMI-DEV 1.3, con la práctica PB3-Definición de criterios de aceptación de SCRUM. Además, la subpráctica SubP4-Alcanzar una comprensión de los requisitos con los proveedores de requisitos para que los participantes del proyecto puedan comprometerse con ellos es redundante con PB5-Validación de requisitos.

4) *Dimensión 4.* Se establece que cada actividad de cada marco de trabajo es complementaria con la actividad previa, acorde con la numeración establecida, la cual respeta el orden definido en cada marco de trabajo.

Un análisis general del entorno multi-modelo obtenido a partir de las heurísticas, como se mostró en la Fig. 2, permite concluir que existen actividades redundantes entre los diversos marcos de trabajo. Además, existen actividades que pueden ser ejecutadas en diferentes momentos del ciclo de vida del proyecto. Lo anterior nos lleva a analizar una nueva propuesta que reestructure el catálogo propuesto en este trabajo. En este sentido, la definición de una nueva dimensión estaría relacionada con la identificación de las fases del ciclo de vida o la iteración en la que se ejecuta la actividad o se hace uso de una práctica específica.

También es posible considerar casos en los que existan prácticas entre los marcos de trabajo que no tengan similitudes, por lo que es importante realizar la validación completa del proceso de gestión de requisitos. Una validación completa permitirá representar un entorno multi-modelo definitivo para la gestión de requisitos e identificar mejoras que reestructuren la estructura del catálogo propuesto.

Con base en el entorno multi-modelo (Ver Fig. 2) se pueden establecer diferentes configuraciones para mezclar los dos marcos de trabajo. En la Fig. 3 se presenta un ejemplo de tres posibles configuraciones que se pueden generar a partir del entorno planteado.

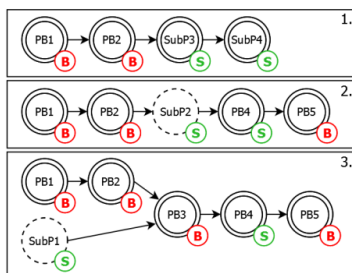


Figura 3. Posibles configuraciones resultantes

Estas configuraciones representan caminos a seguir para las organizaciones que pretenden implementar varios marcos de trabajo. Por ejemplo, según la configuración 1 que se muestra en la Fig. 3, el camino a seguir para obtener un entendimiento de los requisitos sería:

1) *PB1.* Entendimiento de requisitos.

2) *PB2.* Definición de requisitos.

3) *SubP3.* Analizar los requisitos para asegurar que se cumplen los criterios establecidos

4) *SupP4.* Alcanzar una comprensión de los requisitos con los proveedores de requisitos para que los participantes del proyecto puedan comprometerse con ellos.

El camino configurado se compone de dos actividades relacionadas con el marco ágil analizado y dos actividades del marco de trabajo tradicional. Con lo cual es posible validar que el catálogo multi-modelo permite generar las configuraciones mencionadas y ayuda en la adaptación de una metodología de trabajo, según las necesidades específicas de una organización.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Los marcos de trabajo ágiles y tradicionales pueden trabajar en conjunto. Específicamente para la gestión de proyectos existen propuestas enfocadas a analizar la forma en la que estándares, modelos y guías de diferente naturaleza pueden complementarse adecuadamente. Dentro de las propuestas más interesantes sobre la adaptación conjunta de diferentes marcos de trabajo está el entorno multi-modelo. Esta propuesta permite incluir mejores prácticas de desarrollo de software, teniendo en cuenta factores claves a la hora de gestionar un proyecto. Sin embargo, la implementación de un entorno multi-modelo tiene una complejidad inherente a la integración de buenas prácticas de diferentes fuentes. La complejidad aumenta cuando las fuentes tienen diferente naturaleza, como en el caso de marcos de trabajo tradicionales y ágiles.

En este trabajo se define un conjunto de heurísticas que permiten adaptar las dimensiones de un catálogo multi-modelo para conseguir la integración de marcos de trabajo de diferente naturaleza, como es el caso de los enfoques tradicionales y ágiles. Además del conjunto de heurísticas, se presenta también una propuesta para representar gráficamente el entorno multi-modelo.

Con el fin de analizar el comportamiento de la estructura del catálogo y las heurísticas definidas, y además conseguir un ejemplo de un entorno multi-modelo para marcos de trabajo ágiles y tradicionales, se realiza una validación piloto para el proceso de gestión de requisitos. Este proceso hace parte de la gestión de proyectos y responde a las necesidades de adaptación que reclaman las organizaciones de desarrollo de software.

Los resultados de la validación piloto permitieron definir de diferente forma una de las dimensiones que estructuraban el catálogo. Además, se identificaron capacidades del catálogo para lograr un entorno multi-modelo y la necesidad de definir un conjunto de heurísticas y su representación gráfica para poder definir las dimensiones de cualquier proceso de gestión de proyectos software.

Aunque la validación tuvo un alcance limitado porque se realizó para una sola práctica específica de CMMI-DEV 1.3 y una sola ceremonia de SCRUM, se logró evidenciar la necesidad de definir una nueva dimensión del catálogo para la identificación de las fases del ciclo de vida o la iteración en la que se ejecuta la actividad o se hace uso de una práctica específica.

Dentro de los hallazgos más importantes es el resultado del entorno multi-modelo y que, por medio de la representación propuesta en este trabajo, es posible generar un conjunto de configuraciones de buenas prácticas para la gestión de requisitos. Las configuraciones mencionadas representan caminos a seguir que una organización puede considerar cuando pretende implementar prácticas recomendadas en marcos de trabajo de diferente naturaleza, como el caso de CMMI-DEV y SCRUM, en sus equipos de desarrollo.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. J. Torrecilla Salinas, M. J. Escalona y M. Mejías, «A scrum-based approach to CMMI maturity level 2 in web development environments.» de *Proceedings of the 14th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services*, New York, NY, USA, 2012.
- [2] Institute Project Management, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, USA: Project Management Institute, 2013.
- [3] Rational Software, *Rational Unified Process, Best Practices for Software Development Teams*, Cupertino: Rational Software White Paper, 1998.
- [4] Software Engineering Institute, *CMMI for Development, Version 1.3*, 2010.
- [5] International Organization for Standardization, *ISO 9001:2008 Quality management systems -- Requirements*, Suiza, 2008.
- [6] J. Singh, M. Sharma, S. Srivastava y B. Bhusan, «TSP (Team Software Process).» *International Journal of Innovative Research and Development*, vol. 2, n° 5, 2013.
- [7] N. N. Tuan y H. Q. Thang, «Combining maturity with agility: lessons learnt from a case study.» *Proceedings of the Fourth Symposium on Information and Communication Technology*, pp. 267-274, 2013.
- [8] K. Schwaber, *Agile project management with Scrum*, Microsoft Press, 2004.
- [9] R. Polk, «Agile and Kanban in Coordination.» de *Agile Conference*, 2011.
- [10] A. Janes y G. Succi, *Lean Software Development in Action*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.
- [11] L. Lindstrom y R. Jeffries, «Extreme programming and agile software development methodologies.» *Information systems management*, vol. 21, n° 3, pp. 41-52, 2004.
- [12] M. Špunda, «Mixed Agile/Traditional Project Management Methodology – Reality or Illusion?» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 119, pp. 939-948, 2014.
- [13] H. A. Hornstein, «The integration of project management and organizational change management is now a necessity.» *International Journal of Project Management*, vol. 33, n° 2, pp. 291-298, 2014.
- [14] P. R. Pinheiro, T. C. Sampaio Machado y I. Tamanini, «Dealing the Selection of Project Management through Hybrid Model of Verbal Decision Analysis.» *Procedia Computer Science*, vol. 17, pp. 332-339, 2013.
- [15] P. Monteiro, P. Borges, R. J. Machado y P. Ribeiro, «A reduced set of RUP roles to small software development teams.» *Proceedings of the International Conference on Software and System Process*, pp. 190-199, 2012.
- [16] L. Buglione, «Light maturity models (LMM): an Agile application.» *Proceedings of the 12th International Conference on Product Focused Software Development and Process Improvement*, pp. 57-61, 2011.
- [17] A. W. Brown, S. Ambler y W. Royce, «Agility at scale: economic governance, measured improvement, and disciplined delivery.» *Proceedings of the 2013 International Conference on Software Engineering*, pp. 873-881, 2013.
- [18] P.-W. Ng, «Theory based software engineering with the SEMAT kernel: preliminary investigation and experiences.» *Proceedings of the 3rd SEMAT Workshop on General Theories of Software Engineering*, pp. 13-20, 2014.
- [19] M. Van Hilst y E. B. Fernandez, «A pattern system of underlying theories for process improvement.» *Proceedings of the 17th Conference on Pattern Languages of Programs*, n° 8, 2010.
- [20] L. Marino y M. John, «Process Improvement in a Multi-model Environment Builds Resilient Organizations.» *Software Engineering Institute*, 2009.
- [21] A. F. Bustamante, J. A. Hincapié y G. Gasca-Hurtado, «Structure of a Multi-model Catalog for Software Projects Management Including Agile and Traditional Practices.» de *Trends and Applications in Software Engineering, Proceedings of the 4th International Conference on Software Process Improvement CIMPS'2015*, vol. 405, Sinaloa, Mazatlán: Springer International Publishing, 2015, pp. 87-97.
- [22] A. Haron, M. Harun, M. Nazri Mahrim, S. Sahibuddin, N. H. Zakaria y N. Abdul Rahman, «Understanding the Requirement Engineering for Organization: The Challenges.» *Computing Technology and Information Management (ICCM), 2012 8th International Conference*, vol. 2, pp. 561-567, 24-26, 2012.
- [23] D. West y T. Grant, «Agile Development: Mainstream Adoption Has Changed Agility.» *Forrester Research*, 2006.
- [24] J. Biolchini, P. G. Mian, A. C. Natali y G. H. Travassos, «Systematic review in software engineering.» *System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, Technical Report ES*, vol. 679, n° 05, p. 45, 2005.
- [25] K. M. Whitney y C. B. Daniels, «The Root Cause of Failure in Complex IT Projects: Complexity Itself.» *Procedia Computer Science*, vol. 20, pp. 325-330, 2013.
- [26] A. Friis Sommer, I. Dukovska-Popovska y K. Steger-Jensen, «Barriers towards integrated product development — Challenges from a holistic project management perspective.» *International Journal of Project Management*, vol. 32, n° 6, pp. 970-982, 2014.
- [27] S. Galvan, M. Mora, R. O'Connor, F. Acosta y F. Alvarez, «A Compliance Analysis of Agile Methodologies with the ISO/IEC 29110 Project Management Process.» de *Conference on ENTERprise Information Systems / International Conference on Project*, 2015.
- [28] R. Mantovani Fontana, V. Meyer Jr, S. Reinehr y A. Malucelli, «Progressive Outcomes: A framework for maturing in agile software development.» *Journal of Systems and Software*, vol. 102, pp. 88-108, 2015.
- [29] Scrum Alliance, «<https://www.scrumalliance.org/why-scrum>.» 2015. [En línea].

Deteção de outliers numa empresa de distribuição farmacêutica em Portugal

Detection of outliers for a pharmaceutical distribution company in Portugal

Augusto Ribeiro

Departamento de Informática
OCP Portugal
Maia, Portugal
acarlosrib@gmail.com

Natércia Durão

Departamento de Economia, Gestão
e Informática, Universidade
Portucalense
Porto, Portugal
natercia@upt.pt

Isabel Seruca

Departamento de Economia, Gestão
e Informática, Universidade
Portucalense
Centro Algoritmi, Universidade do
Minho
Porto, Portugal; Guimarães, Portugal
iseruca@upt.pt

Resumo — As ruturas de *stock* no abastecimento de medicamentos a farmácias podem ter origem em diversos fatores nomeadamente problemas fabris, falta de matéria-prima, fim de comercialização de produtos, surtos de doenças e epidemias. A estes fatores acresce a venda de medicamentos por parte de algumas farmácias a mercados externos, que tem aumentado nos últimos anos, e é considerada umas das principais causas das falhas de abastecimento de medicamentos em Portugal.

Palavras Chave - *outliers, medicamentos, rutura stock.*

Abstract — *Stock unavailability in the supply of medicines to pharmacies can be caused by several factors including manufacturing problems, lack of raw materials, end of product selling, disease and epidemics outbreaks. Furthermore, the sale of medicines by some pharmacies to foreign markets has increased in recent years, and is considered one of the main causes of medicine supply failures in Portugal.*

Keywords - *outliers, medicines, stock unavailability.*

I. INTRODUÇÃO

Uma das responsabilidades dos distribuidores grossistas de medicamentos em Portugal é serem obrigados por lei a ter um *stock* mínimo de medicamentos, de modo a garantir o abastecimento no mercado nacional e, desta forma, evitar possíveis situações de rutura nas farmácias.

Segundo o Infarmed - Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde I.P. [1], as ruturas de *stock* de medicamentos, ocasionadas quando não existe quantidade disponível de determinados medicamentos para satisfazer os pedidos dos clientes (farmácias), podem ter como origem diversos fatores, tais como: problemas fabris, falta de matéria-prima, fim de comercialização de produtos, surto de doenças, epidemias, etc.

Para além destes fatores, a venda de medicamentos por parte de algumas farmácias a mercados externos tem

aumentado nos últimos anos, e é considerada umas das principais causas das falhas de abastecimento de medicamentos em Portugal, conforme notícias vindas a público em diversos meios de comunicação social [2].

Associadas a esta prática de exportação de medicamentos são apontadas as descidas dos preços dos fármacos em Portugal e a difícil situação financeira das farmácias, que têm tornado cada vez mais apetecível e lucrativa a venda de medicamentos para mercados externos.

Para as empresas distribuidoras de medicamentos é, assim, fundamental detetar os clientes (farmácias) e os produtos (medicamentos) *outliers* (valores que apresentam um grande afastamento ou são inconsistentes com os restantes) e ratear (dividir proporcionalmente) o *stock* quando esses *outliers* são detetados, no sentido de impedir a venda anormal e de evitar rutura de stocks nas farmácias.

Acresce a esta necessidade, o desfasamento entre a periodicidade das entregas dos medicamentos nas farmácias, que podem ter várias entregas por dia e, a obtenção de *stock* por parte dos distribuidores, que pode demorar cerca de dois ou mais dias.

II. ANÁLISE DE DADOS COM DETEÇÃO DE *OUTLIERS*

A. Definição de *outlier*

As séries de dados históricos podem sofrer influências de eventos não usuais e não repetitivos [3]: os *outliers*. Podem-se identificar dois tipos de *outliers*: os erros grosseiros e os “verdadeiros” *outliers*. Os primeiros estão associados a erros de processamento, como é o caso de, por exemplo, a ocorrência de um erro no registo de uma venda que deve ser corrigido quando detetado. No caso dos “verdadeiros” *outliers*, após investigada a sua origem deve ser realizada uma das 3 opções: substituição do valor do *outlier* pela previsão; substituição pelo valor médio

das observações imediatamente adjacentes; marcado para o futuro (caso se trate de uma campanha promocional).

Se as previsões são calculadas com base em séries de dados que incluem *outliers*, estas podem estar comprometidas devido ao impacto destes valores, sendo que a correção destes valores irá, de uma forma geral, melhorar os resultados obtidos nos cálculos das previsões [4]. Para que esta situação seja evitada, os dados devem ser analisados e, caso se detete a presença de um *outlier*, este deve ser substituído por um valor mais adequado e típico.

A análise de observações *outliers* é já um procedimento antigo e data das primeiras tentativas de analisar um conjunto de dados [5].

Existem várias definições para *outlier*, entre as quais podemos citar: "An outlying observation, or outlier, is one that appears to deviate markedly from other members of the sample in which it occurs" [6].

A definição acima foi modificada por Barnett e Lewis [7], à qual adicionaram: "An observation (or subset of observations) which appears to be inconsistent with the remainder of that set of data".

Outra definição mais recente para *outlier* é:

"An outlier is an observation which deviates so much from the other observations as to arouse suspicions that it was generated by a different mechanism [8].

Por último, existe ainda a possibilidade de um *outlier* ser uma observação normal, "surprising veridical data" [9] pelo que, antes de decidir-se o que deverá ser feito com as observações *outliers* é conveniente ter conhecimento das causas que levam ao seu aparecimento.

Em muitos casos, as razões da existência de *outliers* determinam a forma como devem ser tratadas estas observações. Segundo, Kriegel, Kröger, e Zimek [10] a deteção de *outliers* é usada para: verificar erros de medição / execução / introdução valores, avaliar a variabilidade inerente dos elementos da população, detetar fraudes, conhecer o comportamento de gastos de consumidores, estudos médicos, pesquisa farmacêutica e marketing.

B. Métodos de identificação de outliers

De acordo com a literatura existente [11] têm sido propostos um grande número de testes de detecção de *outliers*. A título exemplificativo, podem-se referir, os testes que têm como base o critério de "distância da média", ou ainda, o teste de Dixon que se baseia num valor ser demasiado grande (ou pequeno) em relação ao seu vizinho mais próximo. É ainda importante aqui salientar que, para a deteção de *outliers* deve ser usada a mediana (*med*) e não a média (\bar{x}) dos valores [12].

1) Método Box-plot

O método para deteção de *outliers* baseado na regra box-plot foi introduzido por Tukey [13]. Posteriormente, esta regra foi estudada por Hoaglin, Iglewicz, e Tukey [14], e foi convertida, numa regra adequada de identificação de um *outlier* por Hoaglin e Iglewicz [15].

O gráfico box-plot tomou-se desde então um dos mais populares procedimentos estatísticos gráficos. Tukey incluiu ainda, uma regra simples para identificar observações com valores atípicos. Essa regra identifica observações discrepantes (*outliers*), quando estas estão fora do intervalo:

$$[(Q1 - g \times (Q3 - Q1), Q3 + g \times (Q3 - Q1)] \quad (1)$$

sendo:

Q1 – 1º Quartil,

Q3 – 3º Quartil,

g – valor para diferenciar entre *outliers* "moderados" e "severos".

As escolhas mais comuns para g são de 1,5 para sinalizar valores "moderados" e 3,0 para a sinalização de valores "severos".

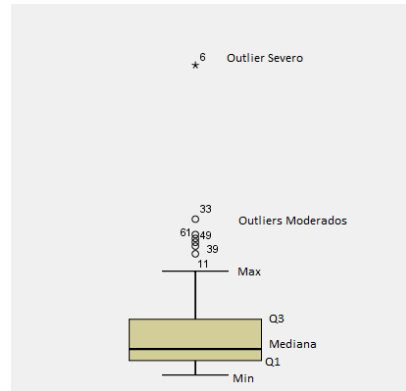


Figure 1. Exemplo de Box-plot com identificação dos outliers

Os valores que estiverem fora do intervalo de $Q3 + 1,5 \times (Q3 - Q1)$ e $Q1 - 1,5 \times (Q3 - Q1)$ serão considerados outliers moderados (o), e os valores fora do intervalo $Q3 + 3 \times (Q3 - Q1)$ e $Q1 - 3 \times (Q3 - Q1)$ serão considerados outliers severos (*) "Fig. 1". De referir ainda que, tanto para os *outliers* moderados como para os severos detetados é necessário investigar a sua origem (isto é, o porquê da sua existência).

2) Box-plot modificado

Vanderviere e Huber [16] introduziram um box-plot modificado tendo em conta a medida medcouple (MC), que é uma medida robusta de assimetria de uma distribuição assimétrica.

Sendo $x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ um conjunto de dados obtidos de forma independente e ordenados crescentemente, isto é, $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$, a medcouple (MC) dos dados é definida por:

$$MC_{(x_1, \dots, x_n)} = med \frac{(x_j - med_k) - (med_k - x_i)}{x_j - x_i} \quad (2)$$

onde, med_k é a mediana de x e, i e j têm que satisfazer a condição $x_i \leq med_k \leq x_j$ e $x_j \neq x_i$. O intervalo box-plot modificado [17] é então definido pelos seguintes limites:

$$[L,U]= [Q1-1.5 \times \exp(-3.5 MC) \times IQR, Q3+1.5 \times \exp(4 MC) \times IQR] \text{ se } MC \geq 0$$

$$[Q1-1.5 \times \exp(-4 MC) \times IQR, Q3+1.5 \times \exp(3.5 MC) \times IQR] \text{ se } MC \leq 0$$

onde, L é o limite inferior e U é o limite superior do intervalo. As observações que se enquadram fora do intervalo são consideradas *outliers*.

3) Teste Z-score

Um teste Z-score é um teste estatístico para o qual a distribuição da estatística teste, pode ser aproximada por uma distribuição normal. Muitos testes estatísticos podem ser convenientemente realizados como Z-scores se o tamanho da amostra é grande ($n \geq 30$) ou a variância da população conhecida. Se a variância da população é desconhecida e o tamanho da amostra não é grande ($n < 30$), o teste t de Student pode ser mais apropriado.

Um teste Z-score é um teste estatístico para o qual a distribuição da estatística teste, pode ser aproximada por uma distribuição normal. Muitos testes estatísticos podem ser convenientemente realizados como Z-scores se o tamanho da amostra é grande ($n \geq 30$) ou a variância da população conhecida. Se a variância da população é desconhecida e o tamanho da amostra não é grande ($n < 30$), o teste t de Student pode ser mais apropriado

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (3)$$

onde \bar{x} e s são a média e desvio padrão da amostra, respetivamente.

De seguida, pode-se avaliar os valores obtidos para os Z-scores observados e classifica-los:

- Se a dimensão da amostra $n < 50$, valores observados para os Z-scores inferiores a -2.5 ou superiores a 2.5 devem ser considerados *outliers*.

- Se a dimensão da amostra está compreendida entre 50 e 100, valores observados para os Z-scores inferiores a -3.3 ou superiores a 3.3 são tipicamente considerados *outliers*.

- Se dimensão da amostra é muito grande (1000 ou mais observações), valores mais extremos do que ± 3.3 podem ser considerados dados normais e não *outliers*.

Por último, pode-se concluir que o teste Z-score é um critério muito usado na prática para a identificação de *outliers* quando os dados são provenientes de uma população que segue uma distribuição normal [18], o valor Z-score máximo obtido para uma dada amostra depende do tamanho da mesma. Outra limitação desta regra é que o desvio padrão pode ser inflacionado por valores extremos.

4) Teste Z-score modificado

Os valores observados (\bar{x} e s) para os estimadores (\bar{X} e S) utilizados no teste Z-score, podem ser afetados por valores extremos. Para evitar este problema, substituiu-se estas medidas pela mediana (med) e mediana do desvio absoluto (MAD) no teste Z-Score modificado [19]:

$$m_i = \frac{0,6745 (x_i - med)}{MAD} \quad (4)$$

onde MAD é a mediana do desvio absoluto (isto é, MAD é a mediana dos desvios absolutos em torno da mediana $\{|(x_i - med)|\}$).

O valor 0,6745 é usado para assegurar, o mesmo nível de significância (α) como no caso da distribuição Normal.

Iglewicz e Hoaglin, recomendam que os valores observados Z-scores modificados com um valor absoluto superior a 3,5 sejam considerados como potenciais *outliers*.

III. DETEÇÃO DE CLIENTES E PRODUTOS *OUTLIERS* NA EMPRESA

Como apresentado no Capítulo anterior, constata-se que existem vários métodos para a deteção de *outliers*, entre os quais, o método de Box-plot e o teste Z-score modificado. Nesta secção, com base no estudo apresentado no Capítulo anterior, realiza-se apenas a comparação entre os 2 métodos, Box-plot e Z-score modificado.

A. Comparação dos métodos Box-plot e Z-score modificado

Para realizar a comparação entre os 2 métodos, começa-se por estratificar a totalidade dos clientes da empresa, segundo o seu potencial de vendas, isto é, os clientes são rotulados (por ordem decrescente de vendas). De seguida, e por motivos de confidencialidade (dado o tipo de produto que está em análise), o Medicamento Sujeito a Receita Médica é designado genericamente no estudo por: Produto A.

Por último, escolhe-se um estrato de clientes e para todos os clientes pertencentes a esse estrato analisam-se os valores obtidos pelos 2 métodos (método de Box-plot e Z-score modificado) para o Produto A. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela seguinte.

TABLE I. COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS PARA O PRODUTO A

Código do Cliente	Quantidade encomenda	Z-scores Modificado	Box-plot
839337868	610	outlier	outlier severo
7840084	413	outlier	outlier severo
4389540	162	outlier	outlier severo
270972	108	outlier	outlier severo
271521	91	outlier	outlier moderado
50310284	72	outlier	outlier moderado
6926712970	70	outlier	outlier moderado
13064039	70	outlier	outlier moderado

Código do Cliente	Quantidade encomenda	Z-scores Modificado	Box-plot
6798	46	outlier	-
3978999733	43	outlier	-
2310	38	outlier	-
1032896927	36	outlier	-
7646	35	outlier	-
...

1) Conclusão da comparação dos dois métodos

O Sabe-se que, matematicamente o método Z-score modificado é mais robusto do que o método Box-plot, isto porque a distância interquartis do método box-plot é muito afetada no caso de haver valores infinitos.

Na prática, depois de verificar os valores das quantidades encomendadas, conclui-se que o método Z-score modificado identificou demasiados possíveis *outliers*. A razão para tal é simples, quando um cliente (farmácia) não recebe o produto (medicamento) encomendado, continua a pedi-lo, aumentado assim a quantidade encomendada.

Em consequência disto e com base no conhecimento que se tem do negócio, só devem ser considerados como *outliers* os *outliers* severos identificados pelo método Box-plot. Por esta razão na secção seguinte, o estudo de detecção de *outliers* (clientes e produtos) é feito usando o método de Box-plot.

IV. DETEÇÃO DE CLIENTES E PRODUTOS *OUTLIERS* NA EMPRESA

A empresa de distribuição farmacêutica movimenta milhares de faturas por mês (aproximadamente 180.000 faturas), facto este que levou à necessidade de criação de mecanismos para, a detecção de *outliers* ser mais rápida e a avaliação dos *outliers* severos ser mais precisa.

Deste modo, no sentido de tornar o processo de classificação de *outliers* mais rápido foi criada uma Materialized View com os dados agregados dos últimos 31 dias, que é atualizada aos fins-de-semana, antes do processo de detecção de *outliers* ser executado. Foi também criada uma tabela com os resultados do processo de classificação de detecção dos *outliers*. Esta tabela é usada para o processo de envio de correio eletrónico com a identificação dos produtos e clientes considerados *outliers*.

De seguida, com o intuito de obter uma avaliação mais precisa para os *outliers* severos, uma vez que, foram detetados imensos *outliers* severos, quer para clientes quer para quantidades encomendadas dos produtos, criou-se uma regra que permitiu discriminar entre *outlier* “severo” e “muito severo”.

Para tal, em 1º lugar, começam por ser identificados os *outliers* (clientes e produtos) severos usando a regra de Tukey (método Box-plot). Seguidamente, é calculado para os *outliers* um valor designado por valor_outlier que é obtido da seguinte forma:

- 1) Se a quantidade pedida > quantidades pedidas por todos os clientes de igual classificação (3 vezes o IQR)
Então soma ao valor_outlier +1 - (1 / numero clientes igual classificação)
- 2) Se a quantidade pedida > quantidades pedidas por todos os clientes do mesmo armazém (3 vezes o IQR)
Então soma ao valor_outlier +1 - (1 / numero clientes mesmo armazém)
- 3) Se a quantidade pedida > consumo mensal do armazém
Então soma ao valor_outlier +1 - (1 / numero clientes mesmo armazém)
- 4) Se a quantidade pedida > consumo mensal nacional (empresa)
Então soma ao valor_outlier +1

Esta regra obtida por experimentação prática atribui pesos (numéricos) a cada um dos *outliers* severos, o que permite classifica-los por ordem decrescente.

V. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

A partir do estudo desenvolvido e aplicação prática à empresa de distribuição farmacêutica, conclui-se que usando o método de Box-plot para a detecção de *outliers* (clientes e produtos) e a regra criada (na Secção anterior) é possível identificar de uma forma rápida e precisa quais são esses *outliers* com vista a tomar medidas preventivas. Isto é, aplicando este processo à empresa é possível sempre que se deteta *outliers*, enviar um alerta (e-mail) permitindo que o *stock* desse produto seja rateado de forma a impedir a rutura do mesmo.

Obteve-se assim um processo simples, rápido e económico de detecção de *outliers* para controle do *stock* de medicamentos na empresa.

Relativamente à detecção de *outliers* (clientes e produtos) seria importante realizar o estudo para os todos os produtos comercializados pela empresa.

Outro ponto de interesse a desenvolver futuramente, seria a realização de detecção de *outliers* diariamente, de modo a detetar *outliers* atempadamente, antes da rutura de *stock*.

Adicionalmente, apesar do método Box-plot ter sido considerado o mais adequado para o estudo presente, poderia ser feita a comparação da detecção de *outliers* diária com os outros métodos para todos os produtos vendidos pela empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] O. Infarmed, “Rupturas de Stock de Medicamentos,” 2012. [Online]. Available: <https://www.infarmed.pt/portal/page/portal/INFARMED/PUBLICACO>

- [2] Jornal Público, "Farmácias que exportem medicamentos que fazem falta em Portugal vão pagar coima quatro vezes superior," Público, 2013.
- [3] C. Chen and L. Lon-Mu, "Forecasting time series with outliers," *J. Forecast.*, vol. 12, pp. 13–35, 1993.
- [4] G. Duncan, W. Gorr, and J. Szczypula, "Forecasting analogous time series," Pittsburgh, 1998.
- [5] V. Hodge and J. Austin, "A survey of outlier detection methodologies," *Artif. Intell. Rev.*, pp. 1–43, 2004.
- [6] F. E. Grubbs, "Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples," in *Technometrics*, 1969, vol. 11, no. 1, pp. 1–21.
- [7] V. Barnett and T. Lewis, *Outliers in Statistical Data*. John Wiley & Sons, 1994.
- [8] C. Aggarwal, *Outlier analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2013.
- [9] G. H. John, "Robust Decision Trees: Removing Outliers from Databases," in *Proceedings of the First International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1995, pp. 174–179.
- [10] H. P. Kriegel, P. Kröger, and A. Zimek, "Outlier detection techniques," in *Tutorial at the 13th Pacific-Asia ...*, 2009, p. 6.
- [11] E. C. De Oliveira, "Comparação das diferentes técnicas para a exclusão de 'outliers,'" *Metrologia*, 2008.
- [12] C. Leys, C. Ley, O. Klein, P. Bernard, and L. Licata, "Detecting outliers: Do not use standard deviation around the mean, use absolute deviation around the median," *J. Exp. Soc. Psychol.*, no. outliers, pp. 4–6, 2013.
- [13] J. W. Tukey, *Exploratory Data Analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley, 1977.
- [14] D. C. Hoaglin, B. Iglewicz, and J. W. Tukey, "Performance of Some Resistant Rules for Outlier Labeling," *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 81, pp. 991–999, 1986.
- [15] D. C. Hoaglin and B. Iglewicz, "Fine Tuning Some Resistant Rules for Outlier Labeling," *J. Am. Stat. Assoc.*, vol. 82, pp. 1147–1149, 1987.
- [16] E. Vanderviere and M. Huber, "AN ADJUSTED BOXPLOT FOR SKEWED DISTRIBUTIONS Ellen Vanderviere and Mia Huber," *COMPSTAT 2004 Proc. Comput. Stat.* 2004, pp. 1933–1940, 2004.
- [17] G. Brys, M. Hubert, and P. J. Rousseeuw, "A robustification of independent component analysis," *J. Chemom.*, 2005.
- [18] R. E. Shiffler, "Maximum Z Scores and Outliers," *Am. Stat.*, vol. 42, pp. 79–80, 1988.
- [19] B. Iglewicz and D. Hoaglin, *How to Detect and Handle Outliers*. ASQC Quality Press, 1993.

Previsão de vendas numa empresa de distribuição farmacêutica: uma aproximação baseada em *data mining*

Sales prediction for a pharmaceutical distribution company: a data mining based approach

Augusto Ribeiro

Departamento de Informática
OCP Portugal
Maia, Portugal

carlosrib@gmail.com

Isabel Seruca

Departamento de Economia, Gestão
e Informática, Universidade

Portucalense;

Centro Algoritmi, Universidade do
Minho

Porto, Portugal; Guimarães, Portugal

iseruca@upt.pt

Natércia Durão

Departamento de Economia, Gestão
e Informática, Universidade

Portucalense

Porto, Portugal

natercia@upt.pt

Resumo — Para as empresas de distribuição farmacêutica é essencial conseguir obter uma boa previsão das necessidades de medicamentos, devido ao curto prazo de validade de muitos medicamentos e à necessidade de controlar os níveis de *stock*, de forma a evitar custos excessivos de *stock* e simultaneamente a perda de clientes devido a falhas de *stock*.

Neste trabalho explora-se a utilização da técnica de *data mining* de séries temporais para a previsão de vendas de produtos ao nível individual (produto a produto), de uma empresa de distribuição farmacêutica em Portugal. Através de técnicas de *data mining*, os dados históricos das vendas de produtos são explorados para detetar padrões e fazer previsões a partir da experiência contida nos dados. Os resultados obtidos com a técnica e o método propostos indicam que a modelação efetuada pode ser considerada adequada para a previsão de vendas de produtos no curto prazo.

Palavras Chave – medicamentos; rutura *stock*; *data mining*; séries temporais; previsão de vendas.

Abstract — For pharmaceutical distribution companies it is essential to obtain good estimates of medicine needs, due to the short shelf life of many medicines and the need to control stock levels, so as to avoid excessive inventory costs while guaranteeing customer demand satisfaction, and thus decreasing the possibility of loss of customers due to stock outages.

In this paper we explore the use of the time series data mining technique for the sales prediction of individual products of a pharmaceutical distribution company in Portugal. Through data mining techniques, the historical data of product sales are analyzed to detect patterns and make predictions based on the experience contained in the data. The results obtained with the technique as well as with the proposed method suggest that the performed modelling may be considered appropriate for the short term product sales prediction.

Keywords – medicines; stock unavailability; data mining; time series; sales prediction.

I. INTRODUÇÃO

Uma das responsabilidades dos distribuidores grossistas de medicamentos em Portugal é serem obrigados por lei a ter um *stock* mínimo de medicamentos, de modo a garantir o abastecimento no mercado nacional e, desta forma, evitar possíveis situações de rutura nas farmácias.

Para além deste requisito legal, as distribuidoras farmacêuticas necessitam de obter uma boa previsão das necessidades de medicamentos, devido ao curto prazo de validade de muitos medicamentos e à necessidade de controlar os níveis de *stock*, de forma a evitar custos excessivos e simultaneamente a perda de clientes devido a falhas de *stock*.

Uma boa previsão de vendas está, geralmente, associada a conseguir obter um bom equilíbrio entre os custos de *stock* e uma adequada satisfação da procura dos clientes [1]. Para o caso específico da indústria de distribuição farmacêutica, o problema adquire particular importância devido ao curto ciclo de vida de muitos dos produtos e da importância da qualidade dos produtos que está, por sua vez, fortemente ligada a aspetos de saúde pública [2] [3].

Frequentemente, as empresas não endereçam de uma forma adequada o problema da previsão de vendas ou utilizam processos simples de determinação de quantidades a comprar de um determinado produto para o mês seguinte, com base no cálculo da média aritmética das quantidades vendidas desse produto num determinado período histórico de tempo, por exemplo, nos últimos 12 meses.

Tendo em conta estas dificuldades, este artigo explora a utilização da técnica de *data mining* de séries temporais para a

previsão de vendas de produtos ao nível individual de uma empresa de distribuição farmacêutica em Portugal. Foi efetuada a previsão de vendas para 357 medicamentos comercializados pela empresa de distribuição farmacêutica. A previsão de vendas foi feita com base na análise de um histórico de dados de 24 meses e para um horizonte temporal de 3 meses. O método de data mining de séries temporais Pegels amortecido foi utilizado no cálculo da previsão de vendas e a implementação foi feita em SQL, estando os dados a analisar armazenados numa base de dados ORACLE.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a Secção II visa a caracterização dos conceitos essenciais associados à atividade de data mining, incluindo uma panorâmica das categorias e a descrição dos principais métodos associados à técnica de séries temporais da categoria de data mining preditivo. Na Secção III é apresentada a previsão de vendas efetuada para a empresa, enquadrando-se o problema e apresentando-se a fundamentação para o método de data mining utilizado. São ainda apresentados e interpretados os resultados obtidos. Por último, na Secção IV são apresentadas algumas considerações finais e propostas de trabalho futuro.

II. DATA MINING

O *data mining*, designação em inglês amplamente utilizada para a prospeção ou mineração de dados, consiste na procura de relacionamentos, padrões ou modelos que estão implícitos nos dados armazenados em grandes bases de dados [4].

O *data mining* pode, assim, ser encarado como o processo de explorar grandes quantidades de dados com vista à identificação de padrões consistentes, como regras de associação ou sequências temporais, para detetar relacionamentos sistemáticos entre variáveis. Utiliza algoritmos para descobrir regras, identificar fatores e tendências-chave, descobrir padrões e relacionamentos ocultos em grandes bases de dados; essa informação, depois de interpretada, é utilizada no suporte à tomada de decisão organizacional.

A informação resultante do processo de data mining pode e deve ser utilizada na melhoria de procedimentos, tornando a organização proactiva e, por isso, mais competitiva. Esta melhoria resulta da identificação de padrões e comportamentos, permitindo assim à organização tomar medidas corretivas em relação a ações correntes e antever posicionamentos futuros mais competitivos face ao mercado.

O *data mining* é uma prática relativamente recente no mundo da computação, aplica-se em várias áreas e setores de negócio e utiliza técnicas de recuperação de informação, inteligência artificial, reconhecimento de padrões e de estatística. Sendo um processo de descoberta de informação de carácter eminentemente preditivo e estratégico em grandes quantidades de dados, é um processo largamente automatizado que atua não só descrevendo factos do passado e presente, mas também para antever tendências futuras, originando conhecimento que se pode traduzir em importantes vantagens competitivas [5] [6].

A. Categorias de Data Mining

As atividades associadas ao *data mining* podem ser divididas em dois grupos: descrição ou previsão. No *data mining* descritivo identificam-se regras que caracterizam os dados analisados. Por outro lado, no *data mining* preditivo utilizam-se determinados atributos da base de dados ou conjunto de dados para prever o valor desconhecido ou futuro de uma outra variável de interesse.

Esta distinção está associada ao objetivo da atividade de *data mining*, que pode permitir aumentar o conhecimento acerca dos dados, descrição, ou suportar o processo de tomada de decisão, previsão, através de modelos capazes de prever o valor de uma variável [7].

Um exemplo de *data mining* na categoria descritiva é a determinação dos perfis de compras dos clientes de uma organização para criação de campanhas de marketing direcionadas, com base na análise da base de dados das transações dos clientes. Um exemplo de *data mining* na categoria de previsão é a previsão de vendas de um produto em termos futuros, para uma melhor gestão de *stocks*, com base na análise do histórico de vendas desse produto.

Relativamente à previsão, o melhor modelo é aquele que apresenta a precisão mais elevada, permitindo uma percentagem de acerto superior à percentagem de acerto conseguida por outros modelos, ainda que estes tenham sido mais fáceis de obter e de perceber. Por outro lado, o melhor modelo em descrição pode não ser aquele que obtém resultados mais precisos em termos de confiança do modelo, mas sim o que permite um conhecimento mais alargado dos dados analisados.

Cada uma das categorias de data mining identificadas (descrição e previsão) inclui um conjunto de métodos que deverão ser utilizados tendo em conta a natureza do problema a resolver.

B. Data Mining preditivo: Modelos de séries temporais

As séries temporais podem ser vistas como um caso particular dos dados com dependência temporal. Uma série temporal $X(t)$ pode ser descrita como uma sequência de valores produzidos por um sistema e obtidos a intervalos de tempo regulares, sendo representada pela expressão:

$$X(t) = \dots, X_{t-2}, X_{t-1}, X_t, X_{t+1}, X_{t+2}, \dots$$

em que a sucessão de valores $X_{(t+i)}$ corresponde a um conjunto de valores de amostragem de uma variável específica, medida sempre nas mesmas condições mas em diferentes instantes temporais, e em que os instantes temporais que definem cada ponto de amostragem são ordenados de forma crescente.

Existem conjuntos de dados em que o atributo alvo (variável cujo valor se pretende prever) é dependente do tempo, ou seja, está associado a uma sequência consecutiva de períodos, e o interesse é conhecer essa dependência. O objetivo dos modelos de séries temporais é identificar padrões regulares de observações históricas com a finalidade de fazer previsões para o futuro. Estes modelos são usados em várias áreas nomeadamente na Gestão empresarial (previsão de procura de

produtos, de consumos de electricidade), Finanças (previsão de evoluções de mercados financeiros), Macroeconomia (previsão de crescimentos económicos, de taxas de inflação), Gestão pública (previsões de tráfego em pontes ou estradas) [5].

1) Suavização exponencial

A suavização exponencial é um método muito utilizado na produção de uma série temporal. O método considera pesos exponenciais, que diminuem conforme a antiguidade das observações. Ou seja, as observações recentes têm mais peso do que as antigas para a previsão.

Na suavização exponencial, há um ou mais parâmetros de suavização a serem determinados (ou estimados) e essas escolhas determinam os pesos atribuídos às observações.

O rótulo Holt-Winters (HW) é frequentemente atribuído a um conjunto de procedimentos que formam o núcleo da família de métodos de previsão de suavização exponencial. As estruturas básicas foram fornecidas por C.C. Holt em 1957 e P. Winters em 1960 [8].

A suavização exponencial simples (*Simple exponential smoothing*) não funciona bem quando há uma tendência nos dados. As tendências de dados permitem avaliar como os dados de resposta mudam ao longo do tempo; por exemplo, pode-se criar um inquérito de satisfação de clientes durante um ano, e verificar se o número de clientes satisfeitos aumentou ou diminuiu ao longo desse ano.

Para essas situações, vários métodos foram criados sob o nome de "Suavização exponencial de segunda ordem" (*Double exponential smoothing* (Holt)), em que existe a aplicação recursiva de um filtro exponencial duas vezes, justificando, por isso, a designação "suavização exponencial dupla" (cf. Equação 1). A ideia de base inerente à suavização exponencial dupla consiste na introdução de um prazo para ter em conta a possibilidade de uma série que apresenta algum tipo de tendência. Este componente de inclinação é em si atualizado via suavização exponencial.

$$\begin{aligned} s_t &= \alpha y_t + (1 - \alpha)(s_{t-1} + m_{t-1}) \\ m_t &= \beta(s_t - s_{t-1}) + (1 - \beta) m_{t-1} \\ f_{t+1} &= s_t + m_t \end{aligned} \quad (1)$$

A "Suavização exponencial tripla" (*Triple exponential smoothing* - Holt-Winters) considera ainda uma componente adicional, a sazonalidade [9], conforme apresentado na Equação 2.

$$\begin{aligned} s_t &= \alpha \frac{y_t}{q_{t-L}} + (1 - \alpha)(s_{t-1} + m_{t-1}) \\ m_t &= \beta(s_t - s_{t-1}) + (1 - \beta) m_{t-1} \\ q_t &= \gamma \frac{y_t}{s_t} + (1 - \gamma) q_{t-L} \\ f_{t+1} &= (s_t + m_t) q_{t-L+1} \end{aligned} \quad (2)$$

em que:

- t = Período de tempo corrente
- y_t = Valor atual observado no momento t
- α = Constante do processo de suavização
- β = Constante de tendência de suavização
- s_t = Valor de suavização no período t
- m_t = Valor de tendência no período t
- f_{t+1} = Valor da previsão para $t+1$
- γ = Constante de sazonalidade de suavização
- L = Número de ciclos sazonais

A robustez e precisão das previsões efetuadas por suavização exponencial levou à sua ampla utilização em aplicações em que um grande número de séries necessita de um procedimento automatizado, tal como no caso do controle de stocks.

Embora o método de Holt tenda a ser a abordagem mais popular para a tendência da série, a sua função de previsão linear tem sido criticada pela tendência a ultrapassar os dados reais para além do curto prazo.

Gardner e McKenzie [10] resolveram este problema através da inclusão de um parâmetro extra no método de Holt para amortecer a tendência projetada. Apesar da sua popularidade, a evidência empírica tem demonstrado que a função linear de previsão Holt tende a superestimar [10]. Consequentemente, Gardner e McKenzie propõem a utilização de um parâmetro de amortecimento \emptyset no método de Holt para controlar melhor a extrapolação de tendências. Assim, o método de Holt amortecido sugerido por Gardner e McKenzie [10] é descrito pela Equação 3:

$$\begin{aligned} C_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha)(C_{t-1} + \emptyset T_{t-1}) \\ T_t &= \beta(C_t - C_{t-1}) + (1 - \beta) \emptyset T_{t-1} \\ X_t(m) &= C_t + \sum_{i=1}^m \emptyset^i T_t \end{aligned} \quad (3)$$

em que:

- t = Período de tempo corrente
- α = Constante do processo de suavização ($0 < \alpha < 1$)
- β = Constante de tendência de suavização ($0 < \beta < 1$)
- C_t = Valor de suavização no período t
- T_t = Valor de tendência no período t
- \emptyset = Constante de amortecimento ($0 < \emptyset < 1$)
- $X_t(m)$ = Valor da previsão para $t+m$

Pegels [11] sugere que o seu método multiplicativo da tendência possa ser mais útil do que o método de Holt que considera uma tendência aditiva, uma vez que a tendência multiplicativa tende a ser mais provável em aplicações da vida real.

Segundo Taylor [12], pode haver vantagem em incluir um parâmetro extra na formulação de Pegels para amortecer a tendência extrapolada, de um modo análogo ao parâmetro de amortecimento utilizado no método Holt. Assim, no método de Pegels com tendência multiplicativa, Taylor [12] sugere a inclusão de um parâmetro de amortecimento (cf. Equação 4).

$$\begin{aligned}
C_t &= \alpha X_t + (1 - \alpha) (C_{t-1} T_{t-1}^\theta) \\
T_t &= \beta (C_t / C_{t-1}) + (1 - \beta) T_{t-1}^\theta \\
X_t(m) &= C_t + T_t \sum_{i=1}^m \theta^i
\end{aligned}
\tag{4}$$

em que:

t = Período de tempo corrente
 α = Constante do processo de suavização ($0 < \alpha < 1$)
 β = Constante de tendência de suavização ($0 < \beta < 1$)
 C_t = Valor de suavização no período t
 T_t = Valor de tendência no período t
 θ = Constante de amortecimento ($0 < \theta < 1$)
 $X_t(m)$ = Valor da previsão para o período $t+m$

Para aferir a precisão do modelo a medida de precisão SMAPE (*Symmetric Mean Absolute Percentage Error*) pode ser utilizada, bem como para determinar os melhores valores dos parâmetros (α, β, θ) a considerar (cf. Equação 5).

$$SMAPE = \sum_t \frac{|x_t - f_t|}{(x_t + f_t)/2}
\tag{5}$$

2) Modelo auto-regressivo

Os métodos auto-regressivos são baseados na ideia de que é possível identificar a relação entre as observações e a série temporal, estudando a auto-correlação entre observações separadas por um intervalo fixo de tempo.

Na análise estatística de séries temporais, os modelos *autoregressive-moving-average* (ARMA) fornecem uma pequena descrição de um processo estocástico estacionário em termos de dois polinômios, um para a auto-regressão e outro para a média móvel. O modelo geral ARMA foi descrito em 1951 na tese de Peter Whittle e foi popularizado em 1976 no livro dos autores George Box EP e Gwilym Jenkins [13].

Dada uma série temporal de dados X_t , o modelo ARMA é uma ferramenta para a compreensão e previsão de valores futuros da série. O modelo consiste em duas partes, uma parte auto-regressiva (AR) e uma parte média móvel (MA).

Assim sendo, o modelo é geralmente designado por modelo ARMA (p, q), onde p é a ordem da parte auto-regressiva e q é a ordem da parte média móvel.

Os modelos AR (p) podem ser definidos de uma forma geral pela Equação 6:

$$X_t = \theta_1 X_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \dots + \theta_p X_{t-p} + a_t
\tag{6}$$

onde a_t é um termo de ruído branco (é uma variável aleatória independente e uniformemente distribuída) e p corresponde ao número de termos auto-regressivos. Nos modelos AR (1), o valor de X no período t depende do seu valor no período t-1 e um termo de erro aleatório, sendo os valores de X expressos como desvios da sua média; ou seja, o

valor previsto para X_t é simplesmente uma proporção (θ) do valor de X_{t-1} .

Outro modelo pertencente à família ARMA é o MA (q) que pode ser expresso de acordo com a Equação 7:

$$X_t = \mu + \beta_0 a_t + \beta_1 a_{t-1} + \beta_2 a_{t-2} + \dots + \beta_q a_{t-q}
\tag{7}$$

em que μ é uma constante e q é o número de médias móveis existentes.

Nos modelos MA(q) o valor de X no período t é uma constante (μ) a que acresce uma média móvel dos termos de erro presentes (β_0) e passados (β_q). O processo de MA (q) é simplesmente uma combinação linear de termos de erro de um ruído branco (a_t).

Um modelo ainda pode apresentar características de um processo AR (p) e de um processo MA (q). Os Modelos ARMA (p, q) podem ser representados pela Equação 8:

$$X_t = \theta + \theta_1 X_{t-1} + \beta_0 a_t + \beta_1 a_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \beta_2 a_{t-2} + \dots + \theta_p X_{t-p} + \beta_q a_{t-q}
\tag{8}$$

onde θ é um termo constante. Os modelos AR (p), MA (q) e ARMA (p, q) pressupõem que a série analisada seja estacionária (média e variância constantes ao longo do tempo).

O ARMA é apropriado quando um sistema é uma função de uma série de eventos não observados (a parte MA), bem como o seu próprio comportamento.

Por exemplo, os valores das cotações das ações financeiras podem ser alterados com base em informações fundamentais sobre o mercado, bem como exibindo tendências e efeitos dos participantes do mercado. Este método pode ser utilizado para fazer a previsão das cotações de ações na Bolsa de Valores, com base no histórico de cotações.

III. PREVISÃO DE VENDAS: O CASO DA EMPRESA DE DISTRIBUIÇÃO FARMACÊUTICA EM PORTUGAL

A. Caracterização do problema

A empresa de distribuição farmacêutica onde foi desenvolvido este estudo está integrada num grupo mundial, tem sede em Portugal e é uma das maiores empresas de comercialização e distribuição farmacêutica ao nível nacional. Através dos vários armazéns da empresa, que suportam a cobertura de todo o território nacional, a empresa garante diariamente às farmácias o acesso aos produtos por ela comercializados, incluindo medicamentos e outros produtos farmacêuticos.

A determinação de encomendas de um produto (medicamento) aos fornecedores da empresa de distribuição farmacêutica é feita com base na análise do histórico das quantidades desse produto pedidas pelos clientes (farmácias) da empresa. Por outro lado, é sabido que existem períodos no ano em que a procura de determinados medicamentos é maior (por exemplo, os antigripais e antipiréticos no Inverno).

Preende-se, então, identificar padrões regulares de observações históricas nas quantidades encomendadas pelas farmácias de um medicamento, com o objetivo da empresa de distribuição farmacêutica fazer previsões de vendas desses medicamentos para um período futuro. As previsões de vendas por produto, indicarão as quantidades desse produto a encomendar, por parte da empresa de distribuição farmacêutica aos fornecedores.

No conjunto de dados a analisar (quantidades de um produto pedidas pelos clientes/farmácias), o atributo alvo (quantidade do produto a encomendar/mês) é dependente do tempo, ou seja, está associado a uma sequência consecutiva de períodos, e o interesse é conhecer essa dependência.

O problema em causa enquadra-se, assim, num caso de aplicação da categoria de data mining preditivo (pretende-se fazer uma previsão do valor futuro de um atributo de interesse) e do método de data mining de séries temporais descrito na Secção II, uma vez que o atributo alvo (quantidade a encomendar de um medicamento por mês) é dependente do tempo, estando associado a uma sequência consecutiva de períodos e se pretende prever o seu valor para um determinado período futuro (no caso concreto, o mês atual e os dois meses posteriores).

B. Volume de dados envolvidos e pré-processamento

A empresa de distribuição farmacêutica movimenta cerca de 180.000 faturas por mês. A tabela de Faturas inclui dados desde 2005 e tem 5,5GB de tamanho com 13.160.841 registos. A tabela das Linhas de Fatura possui 271.290.537 registos e 38,2 GB de tamanho, sendo adicionados por mês cerca de 3.700.000 novos registos.

Foi criada uma nova tabela para guardar os valores das quantidades de produtos pedidas pelos clientes da empresa, com os dados agregados por produto/mês referentes a cada armazém.

REG_ID_PRODUTO	ANO_MES	ESTAB_ID	QT_PEDIDA
427795	201512	2	40881
427795	201511	2	51538
427795	201510	2	51538
427795	201509	2	55932
427795	201508	2	38908
427795	201507	2	57406
427795	201506	2	54386
427795	201505	2	47933

Figura 1. Exemplo de registos da tabela com dados agregados por produto/mês

Assim, da análise da Figura 1, é possível verificar que o produto com código 427795 teve uma encomenda em dezembro de 2015 de 40881 unidades alocadas ao armazém da empresa com o código “2” e de 51538 unidades alocadas ao mesmo armazém em novembro de 2015.

Os dados desta tabela serviram de base ao processo de previsão de vendas de produtos efetuado e que, do ponto de vista da empresa farmacêutica, corresponderá às quantidades de produto a encomendar.

C. Aplicação do método de previsão de vendas utilizado

O método de Pegels amortecido [12] e a medida de precisão SMAPE descritos na Secção II foram utilizados no cálculo da previsão. O método de Pegels amortecido foi selecionado uma vez que, na comparação com outros métodos de suavização exponencial (Simple, Holt, Damped Holt, Generalised Holt, Pegels, Holt-Winters), é o que apresenta melhores resultados para as 1428 séries mensais da M3-Competition [12]. Por outro lado, a utilização do SMAPE é vantajosa em relação à utilização do MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) mais tradicional, uma vez que evita grandes erros quando o x_i real está perto de zero, e grandes diferenças entre o erro percentual absoluto quando x_i é maior do que a previsão f_i , e quando f_i é maior do que x_i .

Foi efetuada a previsão de vendas para 357 medicamentos comercializados pela empresa de distribuição farmacêutica. A seleção destes produtos (dos cerca de 20000 produtos comercializados pela empresa) foi feita tendo em conta a relevância das vendas dos mesmos em termos de negócio para a empresa.

A previsão de vendas foi feita para o mês atual à data da realização deste trabalho (janeiro de 2016) e para os dois meses posteriores (fevereiro e março de 2016). A implementação deste método e do cálculo do erro associado foram feitos em SQL, uma vez que a base de dados da empresa (produtos, vendas) é uma base de dados ORACLE versão 11.2.

Cálculo do erro associado e análise e interpretação dos resultados obtidos

Conforme apresentado na Figura 2, os valores gerados α , β , \emptyset referentes ao método de Pegels amortecido e o erro associado SMAPE são guardados na tabela; subsequentemente, é selecionada a combinação das constantes com o menor erro associado para cada produto/armazém ($\alpha=0.1$, $\beta=0.1$, $\emptyset=0.9$).

α	β	\emptyset	SMAPE
PROCESS_CONST	TREND_CONST	DAMPED_CONST	ERROR
0.1	0.9	0.9	1.03948761596306612272568829671448768926
0.1	0.8	0.9	1.075087565568402913227338669219736623547
0.1	0.7	0.9	1.14858142551869769020055303570473012242
0.1	0.6	0.9	1.26308102131417115736927169760497912338
0.2	0.5	0.9	1.27641951381880346794534430477720153512
0.2	0.4	0.9	1.2930678451992910805064550200989458609

Figura 2. Apresentação do erro (SMAPE) ordenado por ordem ascendente e obtido pela combinação das 3 constantes do método

Depois de selecionada a combinação com o menor erro, esta é aplicada para o cálculo da previsão de vendas, sendo o resultado obtido guardado no campo “Quantidade_Prevista” da tabela (cf. Figura 3).

ANO_MES	ESTAB_ID	REG_ID_PRODUTO	QUANTIDADE_VENDIDA	QUANTIDADE_PREVISTA
201603	2	427795		49081
201602	2	427795		50074
201601	2	427795	51153	51191
201512	2	427795	40881	53372
201511	2	427795	51538	53502
201510	2	427795	51538	53443
201509	2	427795	55932	52668
201508	2	427795	38908	53975
201507	2	427795	57406	51841
201506	2	427795	54386	50230

Figura 3. Exemplo da aplicação do método de previsão de vendas

Para uma visualização dos resultados da aplicação do método de previsão de vendas mais “user-friendly”, foi desenvolvida uma aplicação visual em ORACLE APEX versão 4.2 (cf. Figura 4).

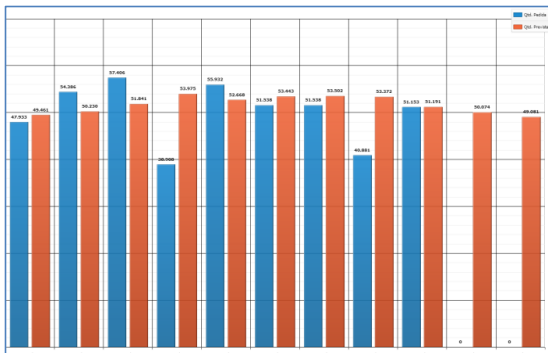


Figura 4. Ecrã do CRM da empresa, com a representação gráfica das quantidades pedidas pelos clientes (a cor azul – Qtd. Pedida) de um produto selecionado e correspondente previsão de vendas (a cor vermelha – Qtd. Prevista)

Assim, para o produto selecionado (ASPIRINA GR 100 MG COMP GR X30) e para o armazém de venda “Maia”, tendo em conta a análise do histórico das quantidades desse medicamento pedidas pelos clientes entre janeiro de 2014 e dezembro de 2015 (24 meses), as quantidades previstas de venda do medicamento para o mês atual (janeiro de 2016) e para fevereiro e março de 2016 serão de 51191, 50074 e 49081 unidades respetivamente.

À data da realização deste trabalho, o processo utilizado pela empresa de distribuição farmacêutica para determinar a quantidade a encomendar de um dado produto para o mês seguinte era baseado no cálculo da média aritmética das quantidades vendidas desse produto nos últimos 12 meses (cf. Figura 5).

Para o caso do produto já referido (ASPIRINA GR 100 MG COMP GR X30) e para o mesmo armazém de venda, a tabela da Figura 5 apresenta os valores das quantidades previstas de vendas determinadas através do método de Pegels amortecido e com o processo de cálculo da média de vendas utilizado pela empresa.

ANO MES	ESTAB ID	REG ID PRODUTO	QUANTIDADE VENDIDA	QUANTIDADE PREVISTA PEGELS	QUANTIDADE PREVISTA (processo utilizado empresa)
201603	2	427795			49 081
201602	2	427795			50 074
201601	2	427795	51 153		51 191
201512	2	427795	40 881		53 372
201511	2	427795	51 538		53 502
201510	2	427795	51 538		53 443
201509	2	427795	55 932		52 668
201508	2	427795	38 908		53 975
201507	2	427795	57 406		51 841
201506	2	427795	54 386		50 230
201505	2	427795	47 933		49 461
201504	2	427795	50 219		48 108
201503	2	427795	47 438		47 048
201502	2	427795	46 029		45 907
201501	2	427795	46 739		44 503

Figura 5. Exemplo de registos da tabela com dados agregados por produto/mês

Da análise da tabela, constata-se que os valores obtidos pelo método de Pegels estão na generalidade mais próximos dos valores reais do que os obtidos com o processo atualmente em vigor na empresa. Para além disso, é importante referir que os valores obtidos pelo método de Pegels satisfazem na maioria dos casos a procura, o que não acontece no cálculo feito pelo outro processo.

IV. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Do estudo e aplicação efetuados na empresa de distribuição farmacêutica retratada neste trabalho, é possível concluir que o desempenho do método de séries temporais Pegels amortecido foi favorável na previsão de vendas de produtos ao nível individual, obtendo-se resultados mais aproximados aos reais e mais confiáveis, em comparação com o processo anteriormente utilizado pela empresa. Verificou-se que, utilizando os valores obtidos pelo método de Pegels amortecido para a previsão de vendas, a empresa poderia melhor determinar os valores a encomendar dos produtos em causa, garantindo na maioria dos casos níveis de *stock* que efetivamente pudessem satisfazer os valores de procura real, sem considerar níveis de stocks excessivos e com forte impacto nos custos.

Quanto ao método de previsão de vendas utilizado e apesar dos resultados obtidos terem sido satisfatórios, considera-se que ainda há espaço para introduzir melhorias na técnica de previsão. Por um lado, seria interessante verificar se, com a utilização de um horizonte de previsão mais amplo do que o que foi utilizado neste trabalho, os resultados obtidos poderiam ter uma precisão que pudesse ser considerada aceitável. A inclusão de um horizonte de previsão mais alargado (por exemplo, 12 meses) na previsão de vendas, poderá ter interesse para a empresa de distribuição farmacêutica conseguir uma maior margem de manobra na negociação de preços com os fornecedores.

Por outro lado, aspetos como dados da realização de ações publicitárias por parte dos fornecedores e dados de promoções efetuadas pela concorrência (outras empresas de distribuição farmacêutica) poderão ter impacto nas vendas reais dos produtos. Assim, poderia ser equacionada a possibilidade de estes aspetos serem considerados como variáveis adicionais na determinação da previsão de vendas.

Por último, a comparação do desempenho do método de Pegels amortecido com outros métodos de previsão de séries temporais poderia constituir objeto de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Gupta, C. D. Maranas, and C. M. McDonald, "Mid-term supply chain planning under demand uncertainty: customer demand satisfaction and inventory management," *Comput. Chem. Eng.*, vol. 24, pp. 2613–2621, 2000.
- [2] P. Doganis, A. Alexandridis, P. Patrinos, and H. Sarimveis, "Time series sales forecasting for short shelf-life food products based on artificial neural networks and evolutionary computing," *J. Food Eng.*, vol. 75, pp. 196–204, 2006.
- [3] N. K. Zadeh, M. M. Sepehri, and H. Farvaresh, "Intelligent Sales Prediction for Pharmaceutical Distribution Companies : A Data Mining Based Approach," vol. 2014, 2014.
- [4] M. Santos and I. Ramos, *Business Intelligence: Tecnologias da Informação na Gestão de Conhecimento*. FCA, 2009.
- [5] Vercellis C, *Business intelligence data mining and organization for decision making*, 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2009.
- [6] J. Han, M. Kamber, and J. Pei, *Data Mining: Concepts and Techniques*. Elsevier, 2011.
- [7] M. J. A. Berry and G. S. Linoff, *Mastering Data Mining: The Art and Science of Customer Relationship Management*. Wiley, 2000.
- [8] P. R. Winters, "Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Averages," *Manage. Sci.*, vol. 6, pp. 324–342, 1960.
- [9] S. Makridakis, S. Wheelwright, C., and R. J. Hyndman, *Forecasting : methods and applications*. John Wiley & Sons, cop., 1998.
- [10] J. Gardner, E.S. and E. McKenzie, "Forecasting trends in time series," *Manage. Sci.*, vol. 31, pp. 1237–1246, 1985.
- [11] C. C. Pegels, "Exponential forecasting: Some new variations," *Manage. Sci.*, vol. 15, pp. 311–315, 1969.
- [12] J. W. Taylor, "Exponential Smoothing with a Damped Multiplicative Trend Exponential Smoothing with a Damped Multiplicative Trend," *Int. J. Forecast.*, vol. 19, no. 0, pp. 715–725, 2003.
- [13] G. E. P. Box and G. M. Jenkins, *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 2nd ed. San Francisco: Holden-Day, 1976.

Mobile Health as a Tool for Behaviour Change in Chronic Disease Prevention

A Systematic Literature Review

Nicole Matias
Universidade Europeia
Lisbon, Portugal
nicolermatias@gmail.com

Maria José Sousa
Universidade Europeia
Lisboa, Portugal
Maria-jose.Sousa@universidadeeuropeia.pt

Abstract — Customized information, dynamic interactions and innovative technologies may motivate the individuals to adopt an active approach to look after their own health. The mobile health is considered one of the most important platforms, able to influence human behaviour. This literature review aims to identify the main behavioural theories underlying the influence of mHealth technologies on behaviour change, for the prevention of noncommunicable chronic diseases, in developed countries. To answer the question: What behaviour change theories and models, support mHealth interventions, in chronic disease prevention?—was conducted a systematic and comprehensive review, combining experimental studies with theoretical perspectives, in order to identify the main theoretical approaches. The databases consulted for the present research were: Science Direct, Google Scholar, Scielo and PubMed, for an analysis period from 2011 to January 2016. They were identified as principal theories underpinning this research the Social Cognitive Theory, the Transtheoretical Model and the Chronic Care Model.

Keywords – mHealth; prevention; behavioural change; chronic disease; game changer.

I. INTRODUCTION

The paradigms on health and disease that have prevailed in recent decades assuming that people, as a matter of principle, are healthy and that the majority of diseases are temporary interruptions to an identifiable state of health. Chronic and genetic diseases, such as diabetes, cystic fibrosis, among others, were considered exceptions to this basic paradigm. The idea of chronic disease has been modified throughout time, and after the 1960s this concept assumed different premises. If, on the one hand, bodies are intrinsically sick due to genes, traumas or life-styles, on the other, health, for the chronically ill individual is not a condition of their existence, in which they are never healthy, but rather something located in time, both relative and experiential [1]. It is within this framework that we are looking at chronic disease behaviour. This condition of chronicity is reaching significant proportions and costs, and is one of the main causes of death and disability in developed countries [2]. Chronic disease is increasing prevalence and living in a society where technologies assume an increasingly important role in structural behaviour changes. The way in which technologies influences behaviour and the creation of new social interaction dynamics, lead to the incorporation of social media and mHealth in health

promotion and programs, as a preferential platform for prevention [3], [4]. Throughout this process technology is changing every day our interactions and communication process [5]. The most popular communication channels in recent decades have totally changed. At present, mobile networks have more than 7 billion subscribers worldwide; predictions for 2020 indicate 9.2 billion mobile devices subscriptions. Smartphones lead this process and it is estimated that in 2020 they will be responsible for approximately 80% of all mobile data traffic [6], [7]. The proximity of these devices to their users gives them a privileged place in behaviour change processes. From this perspective, the concept of mHealth, defined by the World Health Organization as “The use of mobile and wireless technologies to support the attainment of health objectives” [8], is shown as one of the game changes with great intervention potential in the field of health, due to higher market permeability, interaction capacity and user accessibility [5]. The definition of game changer in healthcare as an element or factor that changes an existing situation or activity in a significant way, though innovations considered disruptive due to their innovative capacity, capable of changing future interactions in the health sector [9], [10].

A. Chronic Disease in Developed Countries

The World Health Organization (WHO) defines noncommunicable chronic diseases (NCDs) as a group of non-transmissible diseases, characterized by being long term and generally slow in progression. The four main chronic diseases referenced by the WHO are cardiovascular disease (heart attack, stroke), cancer, chronic respiratory disease (chronic pulmonary obstruction and asthma) and diabetes [11]. The action plan, defined for 2013-2020, mainly focuses on these four types of non-transmissible chronic diseases – that contribute most to mortality, morbidity and that share common risk factors – raised cholesterol, high blood pressure, unhealthy eating, obesity, smoking and lack of physical activity [11]. In developed countries, it is estimated that 7 out of 10 people will achieve elevated risk factors associated with the main causes of mortality as result from lifestyles. In contrast, the behaviour patterns on health are considered responsible for 40% of early mortality [10], [12]. At present, we spend less than 0.1% of our time on disease prevention and healthy behaviour guidance. If nothing changes between 2011 and 2030, the cost of chronic

disease throughout the world will reach 47 trillion dollars [10] [13].

B. mHealth, a game changer in health, a platform for intervention

Robert Istepanian, engineer and professor, defined the term mHealth (mobile health) as: "emerging mobile communications and network technologies for healthcare" [13]. The Global Observatory for eHealth defines mHealth as a public and private health practice supported by mobile communication devices, such as mobile phones, tablets and PDA's [8]. mHealth operates on the premise that the integration of technologies in the health sector has huge potential regarding promotion and better communication on healthcare [14] [15].

II. LITERATURE REVIEW

This literature review has as purpose to answer the following question: "What behaviour change theories and models, support mHealth interventions, in chronic disease prevention?".

A. Methods

We searched Science Direct, Google Scholar, Scielo and PubMed databases for studies that assessed the role of mhealth and behaviour change intervention in preventing of chronic diseases. This research is limited to noncommunicable chronic diseases, among which we selected for analysis interventions in diabetes mellitus (DM), cardiovascular diseases (CVDs) and obesity risk. CVDs include hypertension, coronary artery disease, and congestive heart failure. These chronic diseases were chosen based on their high global burden [11], [13]. Our definition of mHealth was adopted from the Global Observatory for eHealth as "the use of mobile and wireless technologies to support the attainment of health objectives" [8]. We use the term "prevention" to refer to primary prevention, the first level of healthcare, design to prevent the occurrence of disease and promote health [11]. For behaviour change, we look for models that examine factors that facilitate or hinder the adoption of behaviours change practices in healthcare prevention.

The database search included phrases like: "mHealth and behaviour disease prevention", followed by "Mhealth and behaviour change in diabetes", "Mhealth and behaviour change in obesity", mhealth and behaviour change in cardiovascular disease". We included original research published in peer-reviewed journals that evaluated mHealth tools for effect on adult's behaviour change regarding chronic disease prevention, targeting only developed countries. The term mHealth included any mobile device or service, such as mobile phones, SMS, smartphones, personal digital assistants, and devices that work on wireless technology or Bluetooth compatible devices.

Publications were initially screened for potential inclusion based on simultaneous review of title and abstract. Information including objectives, types of theory or model used, study sample characteristics, methods, outcomes measured, and results reported were extracted using a word table (Appendix A), and the number of publication are resumed in table 1. We performed descriptive analyses of the data and summarized the

findings from these studies, with emphasis on identifying behaviour change models reported, in randomized controlled trials (RCTs).

B. Social and Behaviour Change Theories

The most successful mHealth programs and initiatives are based on an understanding of health behaviours and the context in which they occur [16]. Therefore, interventions to improve health behaviour can be best designed with an understanding of relevant theories of behaviour change and the ability to use them skilfully. The science and art of using health behaviour theories reflect an amalgamation of approaches, methods, and strategies from social and health sciences, to medicine, as this literature review shows.

Theories can address factors on the individual level (Badura, Clark, Janevic cited in Riekert et al. 2013, p.104) [16] or on multi-level or community based models (Fitzgibbon, Karg and Tussing-Humphreys cited in Riekert et al. 2013) [16]. The individual theories addresses: social cognitive theory, self-regulation model, health belief model, and theory of planned action, transtheoretical model and relapse prevention model. On the other hand, the Community Based Models addresses how socio-ecological models that address the multiple levels on influence on behaviour can be used for developing interventions that support healthy life-styles. Another approach is the Healthy System Models (Glasgow & Stange cited in Riekert et al. 2013, p. 105) [16] that includes the Chronic Care Model, the practice change, complex adapter system models and the RE-AIM/prims Models.

Theories can guide researches to understand why people do or do not practice health-promoting behaviours; to help identifying what information is needed to design an effective intervention strategy; and to provide insight into how to design a program so it is successful [16].

C. Key Constructs for this Review

No single theory or conceptual framework dominates research or practice in health promotion and education. Here is made a description of the central elements of three of the most used theoretical models, for the period between 2011 and January 2016, regarding the mHealth intervention on behaviour change approach for prevention and healthcare promotion (see detailed information in Appendix A) and number of publications in Table 1.

TABLE I.

Publications (a) from 2011 – January 2016	
<i>Year of publication</i>	<i>Number of Publication</i>
2011	2
2012	6
2013	5
2014	6
2015	3
2016	4

(a) references detailed in appendix A

According to this analysis the most referred theories were the Social Cognitive Theory (SCT), the Transtheoretical Model (TTM) and the Chronic Care Model (CCM, for the analysis of the mHealth intervention on behaviour change, regarding noncommunicable chronic diseases prevention, on developed countries.

1) *Social Cognitive Theory (SCT)*: The cognitive formulation of social learning theory explains human behaviour in terms of a three-way basis; in which personal factors, environmental influences, and behaviour continually interact (Badura cited in Rieckert 2013, p.105) [16]. SCT synthesizes concepts and processes from cognitive, behavioural, and emotional models of behaviour change, so it can be readily applied to counselling interventions for disease prevention and management [17]. A basic premise of SCT is that people learn not only through their own experiences, but also by observing the actions of others and the results of those actions. Key constructs of social cognitive theory that are relevant to health behaviour change interventions include: observational learning, reinforcement, self-control and self-efficacy. Some elements of behaviour modification based on SCT constructs of self-control, reinforcement, and self-efficacy include goal-setting, self-monitoring and behavioural contracting. Self-monitoring seems to be particularly useful on the use of mHealth for behaviour change interventions on life style prevention [17], [18], [19], [20]. In an environment of reciprocal determinism, where individuals can be both an agent for change and a responder to change, this dynamic can be used to promote healthier behaviour.

2) *Transtheoretical Model or Stage Change*: The Transtheoretical Model (DiClemente and Prochaska, 1982) is based on the analysis of behavioural change in clinical psychology. According to reference authors (DiClemente & Prochaska, cited Rieckert 2013) [16] people change their behaviour through six phases or stages of change. This model is especially pertinent to study preventive behaviours that are developed over the long term such as dieting, exercising and to quit smoking because it takes into account the temporal dimension of behavioural change. The stages of change are a heuristic model that describes a sequence of steps in successful behaviour change: pre-contemplation; contemplation; preparation; action; and maintenance [16]. All the cases in this analysis were from obesity risk studies, where the use of mHealth to prevent weight gain, had a successful impact on engagement and behaviour change [21], [22], [23].

3) *Chronic Care Model (CCM)*: The CCM was developed through a wide review of the international literature on the management of the chronic illnesses, as a response to the situations of health involving a high prevalence of chronic conditions and the failure of the health care systems in the USA. This model premises are based on the beliefs that people can be better-attended and can live more healthily - and that in parallel, the health care costs can be reduced with the radical change in the model of health care [24].

The CCM is made up of six elements, subdivided in two main fields: the health care system, and the community. In the health care system, the changes must be made in the organization of the health care, in the design of the line of care, in support for clinical decisions, in the clinical information systems and in support for self-care. In the community, the changes are centred on the articulation of the health services with the community's resources. These six elements present inter-relations allowing the development of people who are informed and active, and of a health team which is prepared and pro-active to produce better health and functional results for the population. The CCM highlights the importance of "Self-Management Support" [24], giving patients the knowledge, confidence, and skills for self-management of their condition. "Delivery System Design" is also important to promote a patient-centred interdisciplinary team approach to care. "Decision Support" is needed to assure providers and patients have access to the most current and relevant evidenced-based guidelines for care, finally this model emphasizes the role of "Clinical Information Systems" to provide access to data, information, and knowledge needed to improve health.

Effective and productive patient and provider interactions are the heart of the CCM and the key to improving outcomes. In this analysis obesity [23] and diabetes studies [25] reported this model as having potential benefits on mobile monitoring methods during interventions, achieving a great adherence when used with social support model intervention [26].

III. CONCLUSIONS

Theories used in this literature review, reveal "What behaviour change theories and models, support mHealth interventions, in chronic disease prevention?", for 25 trials and 2 reviews (Appendix A), published since 2011 (Table 1). This paper reports on theory use and in several cases, including the effects of using theories for intervention design in mobile apps. They cover a range of behavioural topics: primary care, physical exercise, healthier life-style, diabetes and obesity prevention. These reviews examined mostly mobile health interventions; a few cases included also integrated Internet intervention. As shown in Appendix A, the most-often used theories in these studies are the Social Cognitive Theory, the Transtheoretical Model and the Chronic Care Model. Most of these studies examined individual and small-group patient's interventions and few addressed organizational change, provider behaviour or other upstream interventions. For this analysis we can conclude that interventions based on theory or explicitly described theoretical constructs were effective to influence change behaviour through mHealth. The most used theory for behaviour change interventions using mHealth technology is the Social Cognitive Theory, however a review regarding mobile phone messaging for preventive health care [27] concludes that there is no evidence that mobile phone messaging interventions have long-term benefits for preventive health care, referring a large number of small studies. On the other hand mHealth has the potential, but, however, its effectiveness must be proven in well design and rigorously conducted clinical trials [28], [29], [30].

IV. MOVING FORWARD

More research is needed to create solid evidence of how mHealth can influence change behaviour for noncommunicable chronic diseases. Theory and research suggest that the most effective behaviour change interventions are those that use multiple strategies [30], [31], and aim to achieve multiple goals of awareness, information transmission, skill development, and supportive environments and policies. Goal setting and monitoring are important elements of many successful interventions. The emergence of information technology tools such as the internet, wireless technology, and personal digital assistants have expanded the range of theory-based strategies available for effective behaviour change in health care and community settings. Regarding the main limitations referred in this studies, behavioural interventions should be sensitive to audience and contextual factors, and recognize that most behaviour change is incremental and that maintenance of change usually requires continued and focused efforts. More attention is needed to the communities in which people live and work, and they discuss the benefits and challenges of implementing community based participatory research. A few researches were founded using Community based models, as Social Ecological Model (Stokols cited in Sallys & Fisher 2008) [32]. It is now generally recognized that public health and health promotion interventions are most likely to be effective if they embrace an ecological perspective and include upstream approaches, as discussed [32]. That his, interventions should not only be targeted at individuals, but should also affect interpersonal, organizational and environmental factors, affecting health behaviour [16].

REFERENCES

[1] J. Dumit, *Drugs for Life: Growing Health through Facts and Pharmaceuticals*. Durham: Duke University Press, 2012.

[2] Centers for Disease Control and Prevention. *Chronic Diseases: The Leading Causes of Death and Disability in the United States*. Chronic Disease Overview, 2016, from: <http://www.cdc.gov/chronicdisease/overview/index.htm>

[3] G. Castelnuovo, G. Pietrabissa, G. M. Manzoni, S. Corti; M. Ceccarini, M. Borrello, et al. Chronic care management of globesity: promoting healthier lifestyles in traditional and mHealth based settings. *Front. Psychol.* 6:1557, October, 2015. (doi: 10.3389/fpsyg.2015.01557)

[4] S. Wildevuur and S.E. Simonse. Information and Communication Technology-Enabled Person-Centered Care for the "Big Five" Chronic Conditions: Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research*, vol. 17 Issue 3, p1-1. Ip. 2, March, 2015. (doi: 10.2196/jmir.3687)

[5] L. Fernández-Luque and T. Bau. Health and Social Media: Perfect Storm of Information. *Healthcare Informatics Research*, 21.2, pp. 67-73, 2015. (doi:10.4258/hir.2015.21.2.67)

[6] The Mobile Healthcare (mHealth) Bible: 2015 – 2020. SNS Telecom, 2014, from: <http://www.reportlinker.com/p01634098-summary/The-Mobile-Healthcare-mHealthBible-.html>

[7] mHealth: Game Changer for Healthcare. Research and Markets, 2015, from: <http://www.researchandmarkets.com/reports/3366162/mhealth-game-changer-for-healthcare>

[8] Global Observatory for eHealth. (2011). *mHealth: new horizons for health through mobile technologies*. Geneva: World Health Organization, 2011, from: http://www.who.int/goe/publications/goe_mhealth_web.pdf

[9] H. Greenspun and S. Coughlin. *mHealth in an mWorld: How mobile technology is transforming health care*. Deloitte Center for Health Solutions, 2012, from: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/life-sciences-health-care/us-lhsc-mhealth-in-an-mworld-103014.pdf>

[10] The power of prevention: chronic disease . . . the public health challenge of the 21st century. National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 2009, from: <http://www.cdc.gov/chronicdisease/pdf/2009-Power-of-Prevention.pdf>

[11] Global status report on noncommunicable diseases 2014. World Health Organization, ISBN 978 92 4 156485 4, 2014, from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/148114/1/9789241564854_eng.pdf

[12] N. Johnson, L. Hayes, K. Brown, E. Hoo and K. Ethier. *The Leading Causes of Death and Disability in the United States*. Chronic Disease Overview. Publications, Chronic Disease Prevention and Health Promotion , CDC. (n.d.), 63(04):3-27, October 2014, from: <http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/su6304a2.htm>

[13] R. Istepanian, S. Laxminarayan and C. Pattichis C. *M-Health: Emerging Mobile Health Systems*, pp. 15-32. Springer. ISBN 978-0-387-26558-2, 2015.

[14] T. Shields, A. Chetley and J. Davis. *ICT in the health sector The Role of ICTs in the Health Sector of Developing Countries*. InfoDev, 2007, from: https://www.infodiv.org/infodiv-files/resource/InfodivDocuments_84.pdf

[15] *eHealth Tools and Services: Needs of Member States*. WHO, Global Observatory for eHealth, 2006, from: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69226/1/WHO_EHL_06.1_eng.pdf

[16] K. Riekert, J. Oekene and L. Pbert. *The Handbook of Health Behavior Change*, 4th Edition. Springer Publication, 2013.

[17] M. Kirwan, M. J. Duncan, C. Vandelanotte and W. K. Mummery. Using smartphone technology to monitor physical activity in the 10,000 steps program: a matched case-control trial. *Journal of Medical Internet Research*, vol. 14, n. 2, e55, April, 2012. (doi: 10.2196/jmir.1950)

[18] D. S. Bond, J. G. Thomas, H. A. Raynor, J. Moon, J. Sieling, J. Trautvetter et al. *B-MOBILE - A smartphone-based intervention to reduce sedentary time in overweight/obese individuals: a within-subjects experimental trial*. *PLoS ONE*, vol. 9, n. 6, e100821, June, 2014. (doi: 10.1371/journal.pone.0100821)

[19] M. C. Carter, V. J. Burley, C. Nykjaer and J. E. Cade. Adherence to a smartphone application for weight loss compared to website and paper diary: pilot randomized controlled trial. *Journal of medical Internet research*, vol. 15, n. 4, e32, April, 2013. (doi: 10.2196/jmir.2283)

[20] C. K. Chow, J. Redfern, G. S. Hillis, J. Thakkar, K. Santo, M. L. Hackett et al. Effect of lifestyle-focused text messaging on risk factor modification in patients with coronary heart disease: A randomized clinical trial. *JAMA*, vol. 314, n. 12, pp. 1255–1263, September 2015. (doi: 10.1001/jama.2015.10945)

[21] S. Partridge, K. McGeechan, L. Hebden, K. Balestracci, A. Wong, E. Denney-Wilson, et al. Effectiveness of a mHealth Lifestyle program with telephone support (TXT2BFit) to prevent unhealthy weight gain in young adults: randomized controlled trial. *JMIR mHealth and uHealth*, vol. 3, n. 2, e66, June, 2015. (doi.org/10.2196/mhealth.4530)

[22] L. Hebden, A. Cook, H. P. van der Ploeg, and M. Allman-Farinelli. Development of smartphone applications for nutrition and physical activity behavior change. *JMIR Research Protocols*, vol. 1, n. 2, e9, August, 2012. (doi: 10.2196/resprot.2205)

[23] G. M. Turner-McGrievy, M. W. Beets, J. B. Moore, A. T. Kaczynski, D. J. Barr-Anderson and D. F. Tate. Comparison of traditional versus mobile app self-monitoring of physical activity and dietary intake among overweight adults participating in an mHealth weight loss program. *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, vol. 20, n. 3, p.p 513–518, February, 2013. (doi: 10.1136/amiajnl-2012-001510)

[24] K. Coleman, B. Austin, C. Brach, E. Wagner. Evidence on the chronic care model in the new millennium. *Health Aff*, vol. 28 n. 1, pp. 75-85, 2009

- [25] C. R. Lyles, L. T. Harris, T. Le, J. Flowers, J. Tufano, D. Britt, et al. Qualitative evaluation of a mobile phone and web-based collaborative care intervention for patients with type 2 diabetes. *Diabetes technology & therapeutics*, vol. 13, n. 5, pp. 563-569, May 2011. (doi: 10.1089/dia.2010.0200)
- [26] D. W. Roblin. The potential of cellular technology to mediate social networks for support of chronic disease self-management. *Journal of health communication*, vol. 16, pp. 59-76, August, 2011. Retrieved January 10, 2016. (doi:10.1080/10810730.2011.596610)
- [27] V. Vodopivec-Jamsek, T. de Jongh, I. Guroi-Urganci, R. Atun and J. Car. Mobile phone messaging for preventive health care. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, issue 12, art. n.: CD007457. Published by John Wiley & Sons, Ltd., 2012.
- [28] J. Redfern, A. Thiagalingam, S. Jan, R. Whittaker, M. L. Hackett, J. Mooney and C. K. Chow. Development of a set of mobile phone text messages designed for prevention of recurrent cardiovascular events. *European journal of preventive cardiology*, vol. 21, n. 4, pp. 492-499, May, 2012. (doi: 10.1177/2047487312449416)
- [29] L. D. Pfaeffli, R. Whittaker, Y. Jiang, R. Stewart, A. Rolleston and R. Maddison. Text message and internet support for coronary heart disease self-management: results from the text4heart randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, vol. 17, n. 10, e237, October, 2015. (doi: 10.2196/jmir.4944)
- [30] L. D. Pfaeffli, R. Whittaker, H. Eyles, C. Ni Mhurchu, K. Ball, N. Smith, R. Maddison. Cardiovascular disease self-management: pilot testing of an mhealth healthy eating program. *Journal of personalized medicine*, vol. 4, n. 1, pp. 88-101, March 2014. (doi: 10.3390/jpm4010088)
- [31] J. M. García-Gómez, I. de la Torre-Diez, J. Vicente, M. Robles, M. López-Coronado and J. J. Rodrigues. Analysis of mobile health applications for a broad spectrum of consumers: a user experience approach. *Health Informatics Journal*, vol. 20, n. 1, pp. 74-84, March, 2014. (doi: 10.1177/1460458213479598)
- [32] J. F. Sallis, N. Owen and E. B. Fisher. Ecological models of health behavior. *Health behavior and health education: Theory, research, and practice* 4, pp. 465-486, 2008.
- [33] S. N. Forjuoh, M. G. Ory, S. Wang, J. K. des Bordes and Y. Hong. Using the iPod touch for patient health behavior assessment and health promotion in primary care. *JMIR mHealth and uHealth*, vol. 2, n. 1, e14, March, 2014. (doi.org/10.2196/mhealth.2927)
- [34] E. Robinson, S. Higgs, A. J. Daley, K. Jolly, D. Lycett, A. Lewis and P. Aveyard. Development and feasibility testing of a smart phone based attentive eating intervention. *BMC Public Health*, vol. 13, n. 1, 1-7, July, 2013. (doi: 10.1186/1471-2458-13-639)
- [35] L. Dennison, L. Morrison, G. Conway and L. Yardley. Opportunities and challenges for smartphone applications in supporting health behavior change: qualitative study. *Journal of Medical Internet Research*, vol. 15, n. 4, e86, April, 2013. (doi: 10.2196/jmir.2583) (doi: 10.1002/14651858.CD007457.pub2.)
- [36] M. Georgsson and N. Stagers. An evaluation of patients' experienced usability of a diabetes mHealth system using a multi-method approach. *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 59, pp. 115-129, February, 2016. (doi: 10.1016/j.jbi.2015.11.008)
- [37] J. E. Aikens, A. M. Rosland and J. D. Piette. Improvements in illness self-management and psychological distress associated with telemonitoring support for adults with diabetes. *Primary Care Diabetes*, vol. 9, n. 2, pp. 127-134, April 2015. (doi: 10.1016/j.pcd.2014.06.003)
- [38] C. K. Chow, J. Redfern, A. Thiagalingam, S. Jan, R. Whittaker, M. Hackett et al. Design and rationale of the tobacco, exercise and diet messages (text me) trial of a text message-based intervention for ongoing prevention of cardiovascular disease in people with coronary disease: a randomised controlled trial protocol. *BMJ Open*, vol. 2, n. 1, e000606, January, 2012. (doi.org/10.1136/bmjopen-2011-000606)
- [39] Jr. Giacobbi, M. Hingle, T. Johnson, J. K. Cunningham, J. Armin, and J. S. Gordon. See Me Smoke-Free: Protocol for a research study to develop and test the feasibility of an mhealth app for women to address smoking, diet, and physical activity. *JMIR Research Protocols*, vol. 5, n. 1, e12, January, 2016. (doi.org/10.2196/resprot.5126)
- [40] S. W. Miyamoto, S. Henderson, H. M. Young, A. Pande and J. J. Han. Tracking health data is not enough: a qualitative exploration of the role of healthcare partnerships and mhealth technology to promote physical activity and to sustain behavior change. *JMIR mhealth and uhealth*, vol. 4, n. 1, e5, January, 2016. (doi: 10.2196/mhealth.4814)
- [41] Y. Fukuoka, T. Lindgren, and S. Jong. Qualitative exploration of the acceptability of a mobile phone and pedometer-based physical activity program in a diverse sample of sedentary women. *Public Health Nursing*, vol. 29, n. 3, pp. 232-240, January 2012. (doi/10.1111/j.1525-1446.2011.00997.x)
- [42] S. Nundy, J. J. Dick, C. H. Chou, R. S. Nocon, M. H. Chin, and M. E. Peek. Mobile phone diabetes project led to improved glycemic control and net savings for Chicago plan participants. *Health Affairs (Project Hope)*, vol. 33, n. 2, pp. 265-272, February, 2014. (doi: 10.1377/hlthaff.2013.0589)
- [43] S. Nundy, J. J. Dick, M. C. Solomon, and M. E. Peek. Developing a behavioral model for mobile phone-based diabetes interventions. *patient education and counseling*, vol. 90, n. 1, pp. 125-132, January, 2013. (doi: 10.1016/j.pcc.2012.09.008)
- [44] L. G. Park, J. Howie-Esquivel, M. L. Chung and K. Dracup, K. A text messaging intervention to promote medication adherence for patients with coronary heart disease: a randomized controlled trial. *Patient Education and Counseling*, vol. 94, n. 2, pp. 261-268, February, 2014. (doi: 10.1016/j.pcc.2013.10.027)
- [45] S. K. Garg, C. R. Lyles, S. Ackerman, M. A. Handley, D. Schillinger, G. Gourley and U. Sarkar. Qualitative analysis of programmatic initiatives to text patients with mobile devices in resource-limited health systems. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 16:16, February, 2016. (doi.org/10.1186/s12911-016-0258-7)

Appendix A

Author/Country	Disease	Theory or Model	Main Conclusions
Partridge, S. (2015) Australia [21]	Obesity 250 participants	Transtheoretical model of behaviour change	Successful in preventing weight gain.
Forjuoh S. (2014) United States [33]	Primary Care / Adults 109 participants	Interactive behaviour change technology (IBCT)	It is feasible to use mobile tools for HBA in the primary care setting. Facilitation of communication on behaviour change.
García-Gómez, J. (2014) Spain [31]	type 2 diabetes, obesity, and breast-feeding / Adult Women	- Systematic Review - Models aren't mentioned in the article	Mobile health is positioned as one of the main platforms to provide this new paradigm of ubiquitous health care.
Hebden, L. (2012) Australia [22]	Obesity Risk / Adults 21 participants	The behavior-image model (referred to as "self-reevaluation" in the Transtheoretical Model)	Smartphone apps may be an innovative medium for delivering individual health behaviour change intervention en masse.
Robinson, E. (2013) United Kingdom [34]	Obesity Risk 12 participants	-Theories of the role of memory in the control of energy intake Behaviour Change Wheel framework	An attentive eating based intervention using smartphone technology is feasible and testing of its effectiveness for dietary change and weight loss is warranted.
Kirwan, M. (2012) Australia [17]	Physical activity for health prevention / 200 participants	Self-monitoring bases	Using a smartphone application as an additional delivery method to a website-delivered physical activity intervention may assist in maintaining participant engagement and behaviour change.
Dennison, L. (2013) United States [35]	Prevention/ Primary Care Adults 19 participants	Behaviour change techniques: self-monitoring, goal setting, and receiving feedback on performance.	This study provided insight into the opportunities and challenges involved in delivering health-related behavioural interventions through smartphone apps: characteristics that app developers may have to consider and more research to ensure the development of effective and well-accepted behaviour change apps.
Vodopivec-Jamsek, V. (2012) [27] Several Countries	Preventive health care	- Literature Review - Several Models	There is no evidence that mobile phone messaging interventions have long-term benefits for preventive health care (large number of small studies)
McGrievy, G. (2013) (United States) [23]	Obesity Risk Adults / 19 participants	- Transtheoretical model - Chronic Care Model	These findings point to potential benefits of mobile monitoring methods during behavioural weight loss trials.
Douglas, R. (2011) United States [26]	Diabetes Type 2 / Adults 15 participants	- Chronic Care Model - Social support model	The adapted mobile ICT to support adults with Type 2 diabetes was successful in achieving greater adherence with SMBG.
Lyles, C. (2011) United States [25]	Diabetes / Adults 8 participants	Chronic Care Model	Mobile communication technologies showed promise within a web-based collaborative care program for type 2 diabetes
Bond, D. (2014) United States [18]	Obesity Risk Adults 19 participants	Monitoring of behaviour is a key component of behaviour change interventions	The smartphone-based intervention significantly reduced SED. Prompting frequent short activity breaks may be the most effective way to decrease SED and increase PA in overweight/obese individuals.
Carter, M. (2013) United Kingdom [19]	Obesity Risk Adults / 128 participants	Follow up and self monitoring basis	The MMM app is an acceptable and feasible weight loss intervention and a full RCT of this approach is warranted.
Georgsson, M. (2016) (United States) [36]	Diabetes type 2 Adults 10 participants	Object-Action Interface Model	Multiple data collection methods yielded a more comprehensive set of usability issues. We recommend the use of multiple methods in data collection and employing the FA and UPT in data analyses for future usability testing.
Aikens, J. (2014) United States [37]	Diabetes Adults 128 participants	Self-management behaviour Theory	Combined programs of automated telemonitoring, clinician notification, and informal caregiver involvement was associated with consistent improvements in medication adherence, diabetes self-management behaviours, physical functioning, and psychological distress.
Chow, C. (2015) Australia [20]	Life style –prevention / Cardiovascular Disease Risk Adults / 352 participants	Lifestyle support	The use of a lifestyle-focused text messaging service compared with usual care resulted in a modest improvement in LDL-C level and greater improvement in other cardiovascular disease risk factors.
Chow, C. (2012) Australia [38]	Cardiovascular Disease Risk Adults 720 participants	Lifestyle counselling	Mobile phone text messaging has enormous potential as a cheap, safe and simple method to improve uptake and adherence to behaviour change and ultimately improve cardiovascular risk. However, its effectiveness must be proven in well-designed and rigorously conducted clinical trials.
Redfern, J. (2014) Australia [28]	Cardiovascular Disease Risk Adults 53 participants	Behaviour change techniques	A final bank of 137 mobile telephone text messages designed to support behaviour change and decrease cardiovascular risk have been developed through a multistep iterative process.
Giacobbi, P. (2016) (United States) [39]	Primary Care (smoking, diet, exercise) Adults / 151 participants	Cognitive behavioural theory (CBT): body image / Self-efficacy	We will aggregate these data into composite exposure scores that combine number of visits and overall duration to calculate correlations between outcome and measures of program exposure and engagement. Finally, we will compare app use between participants and non-participants using Google Analytics.
Miyamoto, S. (2016) United States [40]	Physical Activity/ for behaviour change Adults / 30 participants	- Sensemaking theory - Motivating Behaviour Change - Sustaining Behaviour Change - Enhanced Chronic Care Model	Recommendations for mHealth technology design and health care partnership models to sustain motivation and engagement, allowing individuals to achieve meaningful behaviour change.
Fukuoka, Y. (2012) United States [41]	Physical Activity/ for behaviour change Adults / 41 participants	Coaching the subject to monitor behaviour Behaviour change or self-monitoring.	Mobile phone and pedometer based physical activity programs might be helpful in keeping sedentary women engaged and motivated to increase their physical activity.
Shantanu Nundy, (2014) United States [42]	Diabetes type 2 / Adults 348 participants	The program is a theory driven behavioural intervention designed to improve self-care through multiple mediators, including cuing, education, self efficacy, social support, and health beliefs	Our study offers early evidence that mHealth can enable health care organizations to effectively support patients beyond the traditional health care setting and achieve the triple aim of better health, better health care, and lower costs. Although we found a business case for the use of mHealth, the diffusion and sustainability of mHealth depends on a supportive policy environment.
Shantanu Nundy, (2013) United States [43]	Diabetes Adults /18 participants	-Model of Social Support (Barrera). -Rosenstock's Health Belief Model - Model of Self-Efficacy (Badura)	A mobile phone-based diabetes program affected self-management through multiple behavioural constructs including health beliefs, self-efficacy, and social support. Practice implications: Disease management programs that utilize mobile technologies should be designed to leverage existing models of behaviour change and can address barriers to self-management associated with health disparities.
Park, L. (2014) United States [44]	Coronary Heart Disease Adults / 90 participants	Self-reported adherence	TM increased adherence to antiplatelet therapy demonstrated by MEMS and TM responses. Feasibility and high satisfaction were established. Mobile health interventions show promise in promoting medication adherence
Pfaeffli Dale, L. (2015) New Zealand [29] (European participants)	Coronary Heart Disease Adults / 123 participants	Social Cognitive Theory	mHealth CR intervention plus usual care showed a positive effect on adherence to multiple lifestyle behaviour changes .The effect was not sustained to the end of the 6-month intervention. Need for larger studies.
Pfaeffli Dale, L. (2014) New Zealand [30] (European participants)	Cardiovascular Disease / Adults 74 participants	Social cognitive theory	Text messaging was seen as a simple and acceptable way to deliver nutrition information and behaviour change strategies; however, future research is needed to determine the effectiveness of such programs.
Garg, S. (2016) United States [45]	Health Education an Promotion Primary Care / Adults 97 participants	Learning health Mode Patient Centered Medical Home (PCMH) model	Despite enthusiasm for the texting programs from the involved individuals and organizations, inadequate data management capabilities and unclear privacy and security regulations for mobile health technology slowed the initial implementation and limited the clinical use of texting in the safety net and scope of pilots.

Proposta de Aplicação do Método de Inspeção Semiótica em Artefatos Provenientes da Atividade de Levantamento de Requisitos

Proposal for Semiotics Inspection Method Application in Coming Artifacts Requirements Survey Activity

Simone Fidêncio de Oliveira, Patrícia Valério Martinez
Programa de Pós Graduação em Informática - PPGI
UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, PR, Brasil
{simonefom@utfpr.edu.br, pattivalerio@hotmail.com}

José Augusto Fabri, Alexandre L' Erario, Alessandro
Silveira Duarte, José Antônio Gonçalves
Programa de Pós Graduação em Informática - PPGI
UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Cornélio Procópio, PR, Brasil
{fabri, alerario, duarte, jgoncalves} @utfpr.edu.br

Resumo — Com o intuito de minimizar um dos problemas mais frequentes na gestão de projetos, a comunicabilidade, este trabalho propõe a aplicação do método de inspeção semiótica preconizado pela engenharia semiótica no artefato mapa mental, na análise de requisitos de um software de biblioteca, no requisito empréstimo por meio da pesquisa experimental com aplicação de um questionário de verificação da comunicabilidade no artefato proposto. Palavras Chave - componente; formatação; estilo; títulos.

Palavras Chave— requisitos; engenharia semiótica; mapas mentais; modelo de inspeção semiótica.

Abstract — In order to minimize the most frequent problems in project management, communicability, this paper proposes the application of semiotic inspection method recommended by the semiotic engineering the artifact mental map, the analysis requirements of a software library, the loan requirement by means of experimental research with application of a verification questionnaire communicability in the proposed artifact

Keywords - requirements; semiotic engineering; mind maps; model semiotic inspection.

Introdução Um sistema interativo considerado bom deve possuir a capacidade de comunicar com clareza sua lógica de design demonstrando para que serve, como funciona e para quais usuários foi desenvolvido.

Neste contexto é encontrado na literatura o termo comunicabilidade definido pelo mesmo autor como a propriedade do software, que transmite de forma eficiente e eficaz para seus utilizadores sua intenção de desenho subjacente e princípios interativos [1].

A comunicabilidade permite ao usuário interagir com a aplicação capacitando-o compreender as premissas, intenções e

decisões tomadas pelo projetista durante o processo de design do software.

O uso criativo e eficiente do software demanda do nível de conhecimento do usuário com relação à lógica do designer embutida na aplicação. Comunicabilidade está fortemente associada ao termo usabilidade, ambos visam aumentar a aplicabilidade do software.

A avaliação da comunicabilidade como a apreciação de sistemas interativos propostos pela Engenharia Semiótica, uma teoria explicativa da área de Interação Humano-Computador (IHC), que compreende a interface de um sistema interativo e a comunicação do projetista do sistema para os seus usuários [2].

Esta mensagem transmite aos usuários, a quem destina o sistema, quais problemas a serem resolvidos e como interagir com ele para resolvê-los. À medida que o usuário interage com o sistema, entende as questões transmitidas pelo projetista.

Assim, a interface de um sistema é percebida como um artefato de metacomunicação, uma vez que a comunicação projetista-usuário ocorre a partir da interação usuário/sistema. Em sistemas colaborativos, particularmente, a mensagem enviada pelo projetista não destina-se a um único usuário e sim para um grupo.

Neste caso, a metamensagem enviada contém, inclusive, as decisões do projetista, em relação aos papéis que cada membro do grupo pode assumir, atividades e tarefas que podem ou devem interagir, protocolos e linguagens que devem ser usados pelos usuários para se comunicarem.

Contudo, para avaliar a qualidade da metamensagem entre projetista e usuário o autor define a propriedade de comunicabilidade como a capacidade de um sistema transmitir de forma eficiente e efetiva aos usuários as intenções

comunicativas e princípios de interação, que guiarão o seu projeto [2].

Quando o usuário não é capaz de entender a comunicação pretendida pelo projetista, pode-se dizer que ocorreram rupturas de comunicação, dificultando ou até mesmo impossibilitando a metacomunicação ou o uso do sistema.

Dentro deste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar, por meio do método de inspeção semiótica (MIS), a comunicabilidade dos artefatos provenientes da atividade de levantamento de requisitos funcionais aqui preconizado por meio do mapa mental de um software de biblioteca universitária, especificamente no processo de empréstimo.

Na próxima seção, será feita uma abordagem referente a requisitos, mapas mentais, em seguida uma explanação sobre a Engenharia Semiótica e o MIS. A seção 5 traz os documentos que caracterizam o requisito funcional, por conseguinte uma seção com a explicação dos métodos e procedimentos do MIS. Na seção 7 a aplicação do MIS, dos métodos e procedimentos, seguidos dos resultados do experimento e trabalhos futuros sendo finalizado com as referências.

I. REQUISITOS

Os requisitos de um sistema especificam o conjunto de funcionalidades necessárias para satisfazer as necessidades de todos os seus *stakeholders*, as características de qualidade e as restrições que devem estar expostas as funcionalidades [3].

Os proponentes de um sistema anseiam por benefícios financeiros, técnicos, sociais ou políticos e são visando atender esses anseios que são projetados os sistemas. Um sistema representa uma solução aos problemas decorrentes da exploração de um negócio.

Os requisitos de um sistema pertencem a uma das seguintes categorias: requisitos funcionais e requisitos não funcionais. Os requisitos funcionais especificam as funções que devem ser desempenhadas pelo sistema e os requisitos não funcionais especificam qualidades que o sistema deve possuir, suas condições ou restrições de operação [3].

As necessidades, características e restrições de um software, geralmente, são definidas num processo incremental e iterativo, a partir de entrevistas com *stakeholders*, análise e síntese de especialistas de requisitos. Registrar o histórico de cada requisito, a necessidade que o gerou, e os artefatos utilizados na análise são atributos de extrema importância para a engenharia de software.

Seguindo este contexto, a utilização de artefatos é necessária para melhorar o entendimento e obtenção dos requisitos do software, o mapa mental caracteriza-se como um dos artefatos que pode ser utilizado no desenvolvimento da atividade levantamento de requisitos.

II. MAPAS MENTAIS

Um mapa mental é caracterizado como um diagrama hierarquizado de informações, nele é possível perceber facilmente as relações e os vínculos entre elas [4].

O mapa facilita a interpretação das palavras, imagens, números e conceitos lógicos, de maneira clara, concisa e

consistente. Nesse sentido, pode-se afirmar que todo mapa mental caracteriza-se como uma ferramenta de organização de ideias. A ideia principal se localiza no nó central do diagrama e as ramificações hierarquizadas (demais nós) subsidiam o entendimento da mesma [5].

O autor afirma que é possível relacionar a estrutura de um mapa mental com um neurônio, a ideia central se constitui núcleo da célula e as ramificações hierarquizadas caracterizam os dendritos, como mostra a *Figural*.

É importante ressaltar que os mapas mentais são utilizados na representação do conhecimento em vários domínios, este trabalho destaca alguns: na preparação de aulas, leitura, revisão de conteúdo, anotações, apresentações, geração de idéias, gerenciamento de tempo, formação de equipes e elaboração de projetos [6], [7].

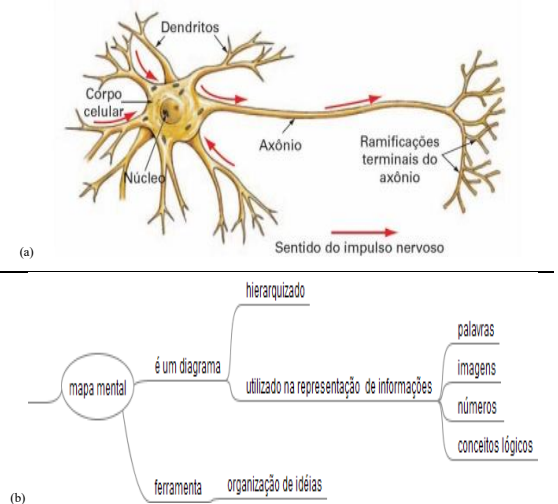


Fig. 1. Relação entre neurônio e um mapa mental - (a) adaptado de Davis (1993) - (b) proposta pelos autores

III. ENGENHARIA SEMIÓTICA

O discurso referente ao papel da semiótica no estudo da interação homem-computador proporcionou o surgimento da teoria semiótica [8].

De acordo com a autora, esta teoria, é fundamentada na Semiótica, uma disciplina que estuda fenômenos de significação e comunicação. Um dos principais conceitos na semiótica é o conceito de signo, um *signo* é tudo aquilo que significa algo para alguém, que relaciona a uma representação.

Do ponto de vista da Engenharia Semiótica, a interação humano-computador é percebida como uma conversa, mediada por computador, entre os designers de interação e usuários do mesmo. Produtos e serviços existentes são interpretados como facilitadores de conversas previamente concebidas, entre os seus designers e usuários.

Salvo raras exceções, os designers não estão presentes, quando os usuários interagem com os seus produtos e serviços.

Eles são representados através da interface com a qual os usuários interagem com os seus produtos ou serviços [8].

A Engenharia Semiótica fornece dois métodos para avaliação da comunicabilidade, Método de Inspeção Semiótica (MIS) e o Método de Avaliação da Comunicabilidade (MAC) [9].

O MIS é um método de inspeção que explora o discurso do designer com o usuário. Seu objetivo é reconstruir a metacomunicação utilizando um modelo de mensagem.

O MAC é um método de avaliação baseado na observação de como um pequeno grupo utilizador interage com um sistema em particular, este por sua vez, não será o foco do trabalho aqui preconizado.

A interface deve ser capaz de transmitir ao usuário: como ele pode interagir com o sistema, quais problemas o sistema propõe resolver e como o usuário pode utilizar o sistema para resolvê-lo [2], como apresentado na Figura 2.



Fig. 2. Metacomunicação utilizando um modelo de mensagem (retirado de Pimentel, 2011)

O MIS avalia a comunicação da interface, procurando eventuais rupturas na comunicação. Neste método são considerados três grupos de signos: 1- os *signos metalinguísticos* que envolvem manuais, documentos, textos, websites, entre outros; 2- os *signos estáticos* que contemplam os menus, labels e 3- os *signos dinâmicos* referentes aos campos que são habilitados durante a interação [1].

É importante salientar que este trabalho concentra-se na avaliação dos *signos metalinguísticos* e dos *signos estáticos*. A Figura 3 demonstra o fluxo de avaliação baseado no MIS a ser utilizado neste trabalho.

Ao analisar a figura é possível perceber a presença das seguintes entidades: Usuário, Analista de Sistemas e Designer. Os fluxos de metacomunicação [1..6] (vide Quadro 1) entre estas entidades também são delineados na Figura 3. O discurso do Designer para com as demais entidades, ação que compõe a definição proposta no MIS, é mapeado nos fluxos 3 e 4, dentro deste contexto é possível caracterizar as entidades

Usuários e Analista de Sistemas como fonte, origem e destino dos artefatos que estabelecem a comunicabilidade

dentro do contexto sistêmico. Os signos metalinguísticos e estáticos que compõem os artefatos gerados durante o levantamento do requisito serão inspecionados por meio do MIS.

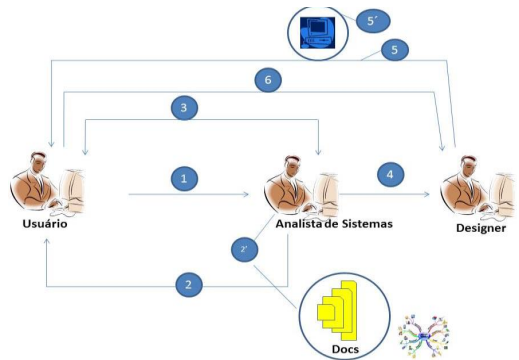


Fig. 3. Fluxo metacomunicação que caracteriza os artefatos analisados pelo MIS

Quadro 1 – Descrição dos fluxos de metacomunicação. (Própria, 2014)

- 1: Solicita a construção de um software.
- 2: Identifica os requisitos funcionais com o usuário.
- 2': Identifica técnicas de levantamento de documentação (mapas mentais 2').
- 3: Valida o requisito com o desenvolvedor.
- 4: Solicita a construção da interface.
- 5: Apresenta a interface ao usuário (5' protótipo).
- 6: Valida o método.

O objetivo da figura 3 é representar o processo de comunicabilidade entre as entidades (Usuário, Analista de Sistemas e Designer) envolvidas na atividade de levantamento de requisitos e o fluxo da metagemagem estabelecidos entre eles. Perceba também que por meio da metacomunicação que os documentos inerentes à atividade de levantamento de requisitos são mapeados. Estes documentos são apresentados na próxima seção.

IV. DOCUMENTOS QUE CARACTERIZAM O REQUISITO FUNCIONAL DE EMPRÉSTIMO DE LIVROS DA BIBLIOTECA

O requisito de empréstimo de livros da biblioteca é realizado pelo atendente por meio de dados fornecidos ao sistema, a partir do momento que o usuário da biblioteca escolhe a obra.

O atendente da biblioteca solicita a carteirinha do usuário para obter o Registro Acadêmico a fim de realizar a leitura do código de barras. A leitura do código de barras verifica a situação do usuário, se o mesmo está em débito ou se não está de posse do número máximo de exemplares de obras, que sua categoria permite emprestar.

Cada usuário possui um número limite de empréstimos de acordo com sua categoria, aluno, professor, servidor, pesquisador e estagiário. Realizada essa verificação, identifica-se o tipo de empréstimo, normal ou especial, para cada tipo de empréstimo há uma norma para prazos e devoluções.

O sistema realiza o processo de empréstimo apresentando as seguintes informações na tela: dados da obra; situação da obra; número do exemplar; título; data do empréstimo; data prevista para devolução; dias de atraso; tipo de empréstimo; tipo de obra; classificação, unidade; total de renovações; penalidades; código do exemplar; e excluir, caso o usuário deseje desistir do empréstimo.

Neste processo é possível imprimir os comprovantes do empréstimo, chamado de recibo. O atendente informa ao sistema a quantidade de cópias que deseja imprimir caso necessário o sistema permite ao atendente imprimir a segunda via do comprovante.

Após o processo de empréstimo o atendente confirma a solicitação e sai da tela.

É importante ressaltar novamente que a atividade de levantamento de requisitos mapeada neste trabalho propõe a construção de um mapa mental para caracterizar um determinado requisito funcional. O mapa mental pode ser visualizado por meio das Figura 4.

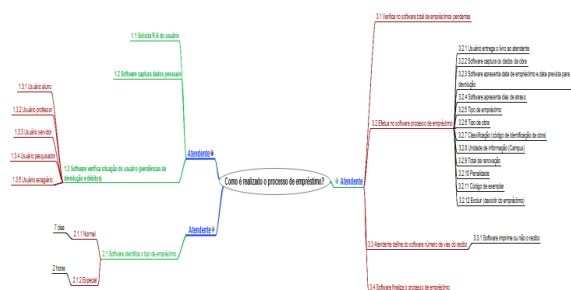


Fig. 4. Mapa mental do requisito empréstimo de livros (Própria, 2014)

artefato na execução do experimento a fim de verificar a comunicabilidade entre o artefato e o usuário.

B. Execução do experimento.

Análise dos resultados (mapeado em uma seção específica devido a sua importância).

Para a concepção do protocolo experimental é necessário:

- Definir o ambiente do experimento. Nesta etapa os pesquisadores devem responder a seguinte questão: O experimento será realizado no laboratório ou no próprio campo do conhecimento?
- Configurar o ambiente: A execução deste passo prevê: 1) Definição das entidades envolvidas nos experimento (pessoas, software ou componentes). 2) caracterização das entidades (idade, formação, local de trabalho, sexo...); 3) Definição da amostra (quantidade de pessoas, ...). 4) definição da forma de coleta das informações (aplicação de questionário, observação direta das entidades ...). 5) Validação das informações (as informações geradas possui consistência, são passíveis de generalização?).

O protocolo experimental utilizado neste trabalho pode ser verificado no Quadro 2.

Quadro 2 - Protocolo Experimental. (Própria, 2014).

<p>0. Ambiente: Campo do conhecimento – o experimento será realizado no local de trabalhos das entidades envolvidas.</p> <p>1. Entidades: Pessoas</p> <p>2. Caracterização</p> <p>2.1. Sexo: Ambos.</p> <p>2.2. Formação: Conhecimento sobre análise e modelagem de sistemas.</p> <p>2.3. Local: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - CP</p> <p>3. Definição da amostra: 22 alunos do curso de engenharia de software.</p> <p>4. Forma de coleta das informações: Aplicação de 1 questionário focado no mapa mental com 6 questões fechadas.</p>

VI - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS UTILIZADOS NA APLICAÇÃO DO MÉTODO DE INSPEÇÃO SEMIÓTICA EM ARTEFATO PROVENIENTE DA ATIVIDADE DE LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

O método de pesquisa experimental realiza teste das hipóteses por meio de um experimento controlado, projetado de forma a produzir dados necessários, podendo ser realizado em laboratório ou no próprio campo.

Para utilizar o referido método foi necessário executar as seguintes atividades:

A. Definição da hipótese.

Concepção do protocolo experimental. Conjunto de regras ambientais e comportamentais na qual se enquadra o experimento.

Os autores deste trabalho propõem a seguinte hipótese: A especificação do requisito mapa mental como

VII – MÉTODO DE INSPEÇÃO SEMIÓTICA (MIS)

Como definido anteriormente, o MIS é um método de inspeção que explora o discurso do designer com o usuário. Seu objetivo é reconstruir a metacomunicação utilizando um modelo de mensagem [9]

Neste contexto, o modelo é estruturado em 6 etapas, a aplicação do método inicia-se com a etapa de preparação, que envolve um levantamento da documentação existente. Na próxima etapa são analisados os signos metalinguísticos e os signos estáticos.

Para identificar as primeiras etapas, é sugerido que as seguintes frases sejam utilizadas: (i) Aqui está o meu entendimento de quem você é. (ii) O que eu aprendi que você quer ou precisa fazer, de qual jeito você prefere fazer e por que. (iii) Este é o sistema que eu projetei para você e este é o jeito que você pode ou deve usá-lo para satisfazer seus propósitos que casam com esta visão.

Na etapa seguinte às iniciais, é feita uma comparação entre a mensagem de metacomunicação do engenheiro de software gerada nos passos anteriores. E finalmente, na última etapa avalia-se a comunicabilidade do artefato inspecionado.

Seguindo este contexto, com o intuito de testar a aplicabilidade do MIS, este trabalho propõe a aplicação do método em um software de biblioteca no requisito empréstimo de livros, utilizando o mapa mental como artefato do requisito.

VIII – APLICAÇÃO DO MÉTODO DE INSPEÇÃO SEMIÓTICA

O experimento foi realizado com 22 alunos do curso de engenharia de software por meio de um questionário contendo 6 questões. Estas foram desenvolvidas com o intuito de analisar o mapa mental do software proposto, e serão detalhadas na próxima seção.

O experimento realizado foi estruturado de acordo com as etapas do MIS:

Passo 1: Preparação para inspeção semiótica

Nesta etapa foi definida qual a necessidade da biblioteca com relação ao requisito empréstimo. Quais informações foram pertinentes ao processo a fim de gerar o escopo do problema. Para esta etapa definiu-se o seguinte cenário: “Antônia é funcionária da biblioteca e está iniciando suas atividades como atendente, uma de suas funções é realizar o empréstimo de obras solicitadas pelos usuários da biblioteca.

O professor Carlos do curso de Matemática precisa atualizar seus conhecimentos e encontrou um livro referente a técnicas da matemática. Ele retirou o livro da prateleira e o levou para a atendente Antônia realizar o seu empréstimo. O primeiro passo da atendente foi solicitar o crachá do professor para fornecer ao sistema sua identificação mediante o RA.

O sistema identificou o RA de professor, verificou se ele possuía alguma pendência financeira com a biblioteca e/ou outras obras em seu poder. A atendente verificou que o usuário poderia realizar o empréstimo daquele livro e efetuou o empréstimo por meio do número do exemplar da obra.

O sistema apresentou na tela os dados do empréstimo como data e devolução; tipo da obra; classificação e unidade. A atendente solicitou ao sistema a impressão de 2 vias do recibo, a primeira para o arquivamento do recibo e a segunda para o usuário, concluindo assim, o processo de empréstimo.

[Aqui está o meu entendimento sobre quem é você]: Como atendente da biblioteca Antônia deve estar habituada a utilizar o sistema e compreender o processo de empréstimo dos usuários da biblioteca. Este conhecimento é indispensável para operacionalizar o sistema, assim como as informações pertinentes do usuário, obra e normas da biblioteca.

Passo 2: Análise dos signos estáticos

Nesta etapa são analisados os signos estáticos do requisito empréstimo no mapa mental.

[O que eu aprendi que você quer ou precisa fazer, de que forma e porque] Para compor o processo de empréstimo o atendente precisa conhecer o funcionamento da biblioteca para conseguir interpretar os signos do mapa.

[Este é o sistema que eu projetei pra você e essa é a maneira pela qual você pode ou deve utilizá-la de forma que preencha uma variedade de propósitos que coadunam com esta visão] No mapa apresentado na Figura 4, os atendentes executam as operações necessárias para se efetuar o empréstimo do livro. Cada ramificação do mapa apresenta uma tarefa a ser realizada pelo atendente. A ordem de apresentação das ramificações sugere as etapas do processo de empréstimo, começando pelo código do usuário até o item 3.3 que imprime ou não o recibo.

Passo 3: Análise dos signos metalinguísticos

[O que eu entendi que você quer ou precisa fazer, de que forma e porque] Nesta etapa foi realizada uma inspeção dos documentos disponíveis de maneira *offline*. Neste contexto incluem-se o mapa mental com a análise das ramificações e sub ramificações na tentativa de compreender o sistema.

[Este é o sistema que eu projetei pra você e essa é a maneira pela qual você pode ou deve utilizá-la de forma que preencha uma variedade de propósitos que coadunam com esta visão] O conteúdo do mapa é analisado como um signo metalinguístico, oferecendo informações detalhadas sobre o cenário do empréstimo.

Passo 4: Comparar

Nesta etapa é feita uma comparação entre o artefato analisado e o que realmente é esperado pelo cliente que solicitou o software, nesta linha, é feita a análise do mapa mental e a verificação se este é o suficiente para o entendimento do atendente do software de biblioteca ou não.

Passo 5: Avaliar

Esta última etapa verifica se o artefato proposto foi o suficiente para definir a comunicabilidade entre o usuário com o projetista, se o mapa mental foi bem estruturado ou se é necessário a criação de mais algum artefato de software para apresentar a comunicabilidade com maior clareza.

IX – APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

As questões proferidas no questionário foram direcionadas a identificação com clareza das etapas do processo de empréstimo de livros, que por sua vez foram identificadas em sua maioria com alto nível de comunicabilidade no artefato mapa mental.

Apesar do mapa mental estar bem apresentado e estruturado, não foi possível analisar os signos metalinguísticos que fazem parte do MIS na terceira etapa de avaliação do processo.

Os resultados obtidos com o experimento são apresentados no quadro 3. Foram 6 questões com 5 alternativas possíveis. O quadro apresenta as questões que foram aplicadas no experimento e as respostas obtidas pelos entrevistados.

Conforme análise dos dados coletados com o experimento realizado por meio da aplicação dos questionários preenchidos, foi possível constatar a comunicabilidade positiva do artefato em 59% no geral. A maioria das questões recebeu conceito alto na escala Likert.

Quadro 3 – Resultados da aplicação do questionário de avaliação da comunicabilidade do mapa mental. (Própria, 2014).

Questões	Escala Likert	Quantas
		responderam
1.- O mapa mental apresenta de forma clara o meu entendimento daquilo que você quer como requisito de software?	Muito Baixo	0
	Baixo	1
	Médio	4
	Alto	15
	Muito Alto	2
2.- A representação do mapa permite ao usuário do sistema identificar os passos necessários para efetuar o empréstimo de livro?	Muito Baixo	0
	Baixo	0
	Médio	3
	Alto	12
	Muito Alto	7
3.- A forma como deve ser realizado o empréstimo está bem definida?	Muito Baixo	0
	Baixo	0
	Médio	4
	Alto	13
	Muito Alto	5
4.- O mapa mental apresenta os dados necessários do usuário para a execução do processo de empréstimo?	Muito Baixo	2
	Baixo	0
	Médio	3
	Alto	10
	Muito Alto	7
5.- Os dados da obra necessários para execução do empréstimo estão bem definidos?	Muito Baixo	0
	Baixo	1
	Médio	4
	Alto	13
	Muito Alto	4
6.- É possível identificar os passos necessários para a realização do empréstimo de um livro?	Muito Baixo	0
	Baixo	0
	Médio	4
	Alto	10
	Muito Alto	8

O principal problema encontrado no mapa mental analisado é a falta de padronização com sistemas populares, como por exemplo, a utilização de termos como R.A. ao invés de código do cliente, que facilitaria o entendimento do usuário do sistema por estar acostumado a encontrar termos neste padrão.

Ao invés de utilizar no campo dados pessoais, código, tipo de empréstimo, poderia ser substituído por uma instrução: “Digite os dados do usuário:”, da mesma forma que poderia ter sido utilizado no campo da impressora a pergunta: “Quantas cópias deseja imprimir?”.

Estas falhas foram comentadas durante a aplicação do questionário pelos entrevistados e anotadas no campo observação.

X – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho proposto foi possível observar que por meio de uma análise bem estruturada no estágio inicial do desenvolvimento do software é possível minimizar um dos problemas mais frequentes na gestão de projetos, a comunicabilidade.

O MIS foi aplicado a apenas um requisito do software proposto, todavia, pressupõem que quanto maior o número de requisitos analisados na parte inicial do desenvolvimento do

software, maior a detecção de erros e menor a quantidade de retrabalho ao longo do processo.

XI - TRABALHOS FUTUROS

Como trabalho futuro estima-se aplicar o MIS no artefato protótipo com a possibilidade de se analisar também os signos considerados dinâmicos que por sua vez, não foram analisados neste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem ao apoio, delineado para apresentação deste trabalho, da Fundação Araucária, da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior do Paraná (SETI).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] PRATES, R. O.; DE SOUZA, C. S., BARBOSA, S. D. J. A method for evaluating the communicability of user interfaces. In *Interactions*, v. 7, n. 1, p. 31-38, 2000.
- [2] VILLELA, Maria Lúcia Bento; PRATES, Raquel Oliveira; MOURA, Maria Aparecida. Qualidade em redes sociais online: um estudo de caso contrastando perspectivas das áreas de IHC e ciência da informação. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Web. 2011
- [3] SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de software. 9. ed. São Paulo, SP: Pearson Prentice Hall, 2011. xiii, 529 p.
- [4] BOVO, Viviani; HERMANN, Walthor. Mapas Mentais Enriquecendo Inteligências: Manual de Aprendizagem e Desenvolvimento de Inteligências: captação, seleção, organização, síntese, criação e gerenciamento de conhecimentos. [S.l.]: (2005). Disponível em: <<http://www.idph.net/download/mmappresent.pdf>>. Acesso em: 11 Dez. 2014, 12:14.
- [5] BUZAN, Tony. Mapas Mentais: métodos criativos para estimular o raciocínio e usar ao máximo o potencial do seu cérebro. Tradução: Paulo Polzonoff Jr. 1.ed. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.
- [6] WILLE, Marina Ferreira de Castro. O uso do mapa mental como um facilitador para a criação de conhecimento. 2010. 154f. Dissertação (Mestrado Multidisciplinar em Ciência, Gestão e Tecnologia da Informação) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Curitiba (2010).
- [7] VARGAS, Ricardo Viana. Gerenciamento de projetos: estabelecendo diferenciais competitivos; prefácio de Reeve Harold R.- 6. ed. Atual. Rio de Janeiro. Brasport, (2005).
- [8] De Souza, C.S. The semiotic engineering of user interface languages. *International Journal of Man-Machine Studies* 39. pp. 753-773 (1993).
- [9] ALARCÓN, Carlos; MEDINA, Francisca. De Usabilidad, “Finding Usability and Communicability Problems for Transactional Web Applications,” vol. 12, no. 1, pp. 23-28, 2014.
- [10] X. Liu, Y. Hu, S. North, and H.-W. Shen, “CompactMap: A mental map preserving visual interface for streaming text data,” 2013 IEEE International Conference on Big Data, pp. 48-55, Oct. 2013.
- [11] CONTÓ, J. A. P. ; L’ERARIO, Alexandre; GENVIGIR, Elias Canada; FABRI, José Augusto. “An Extension of the Comparison between the Requirements Modeling Methodologies : Mind Maps and KAOS.” IEEE Information Systems and Technologies (CISTI), 2012 7th Iberian Conference on. Madri, 2012

A Methodology for Quality Assurance for Business Process Modeling with BPMN

A Case Study for the SIGEPE Software

Rafael T. de Sousa Júnior, Flávio E. G. de Deus, Bruno A. de Sousa
Electrical Engineering Department
University of Brasília – UnB
Brasília, Brazil
{desousa, flavioelias}@unb.br

Aletéia P. F. Araújo,
Maristela Holanda, Waldeyr Mendes
C. Silva, Henrique Freitas
Computer Science Department
University of Brasília – UnB
Brasília, Brazil
{aleteia, mholanda}@cic.unb.br

Sandra S. A. N. Vidal, Renan M. G. dos Santos, Altino Moraes
Ministry of Planning, Budget and Management
Brasília, Brazil
{sandra.vidal, renan.santos, altino.moraes}@planejamento.gov.br

Abstract — During the development of computer systems, business process modeling is a phase that delivers important firsthand inputs for requirements engineering. The goal of business process mapping is to understand, improve and organize the activities of the process to ensure efficient and correct implementation. Quality in business process modeling can decisively influence the software quality. Internal quality analysis is made in-house, for the development process, while external quality analysis is made for the final product and satisfaction of the end consumer. Quality assurance comes from quality attributes verified with checklists in iterative cycles. Then, process mapping contributes both to producing consistent artifacts to better communications within the project. This article presents a methodology for quality assurance of process modeling that can be applied for the development of large computer systems. The methodology was used in a complex case study, with the mapping of business processes using BPMN, to develop a system for human resources management within the Ministry of Planning, Budget and Management (MPOG) in Brazil.

Keywords – Software Quality; Process Mapping; Process Quality Attributes; BPMN; Quality Assurance Methodology.

I. INTRODUCTION

In the context of modern software development, process mapping has received strong emphasis because of its importance and versatility as an IT (Information Technology) methodology. Generally, a process can be defined as a set of activities that transforms resources (inputs) in results (outputs). According to Davenport [1], a process can be seen as set of structured activities that result in a specified product for a particular client or market. Also, a process can be regarded as work activities organized in a specific order in time and space, with clearly identified inputs and outputs [7].

Process mapping is an analytical and communication management tool that intends to establish the structure of existing processes and to conceive modifications for the improvement of these processes. Cost savings in product and services development, reduction in integration gaps between systems, and performance improvement in organizations are important results that may come from process mapping and analysis. Process mapping allows a better understanding of current processes and can eliminate or simplify those processes needing changes [2].

In large institutions, the mapping of processes is a difficult challenge, since the knowledge of the processes to be mapped is distributed among employees who organize these processes in different ways. The task of mapping processes in a standardized and easily integrated way is indeed complex. Usually, the team responsible for mapping business processes consists of several people and mapping occurs in parallel activities. This fact may yield different interpretations from the same workflow. To address this problem we have established a methodology for evaluating the quality of the artifacts generated by process mapping. The aim of methodology is to ensure the quality of the artifacts by complying with a set of desirable attributes.

The Personnel Management System of the Brazilian Federal Executive Power (SIGEPE) [6] is the system in which the methodology proposed in this article is being applied. The related processes are predominantly in the area of human resources management which in Brazil is a mission of the Ministry of Planning, Budget and Management (MPOG), the institution that establishes policies regarding more than two million current and former federal employees [25].

In a previous work [25], we proposed methods to apply quality control to use cases, business rules and other SIGEPE artifacts. However, process mapping is done in a stage preceding such documents production. This implies that applying quality control in this earlier stage we can increase the degree of conformity in the subsequent artifacts. As the nature of the process mapping activity, as well as the produced artifacts in BPMN (Business Process Model and Notation) [9], are different from the subsequent activities and artifacts, they required the establishment of a proper methodology apart to apply the same assurance principles and criteria for the expected quality attributes.

In this scenario, the proposed methodology for evaluating the quality of artifacts generated by the process mapping is presented in four more sections of this paper. Section II provides the theoretical framework regarding the quality of software documentation. Section III presents how process mapping is performed in SIGEPE. Section IV presents the proposed methodology and a brief discussion of the results

obtained with its application. Section V presents our case study and finally, Section VI offers some general conclusions.

II. SOFTWARE DOCUMENTATION QUALITY

The documentation is an integral part of the software and its content is an important subsidy to effectively develop the software. Unfortunately, in practice, the establishment of appropriate documentation is largely neglected [4]. According Plösh *et al* [5] the quality of software is influenced by the quality of its documentation. Software quality control assurance is closely related to verification and validation activities that are present throughout the software life cycle [16], including specific activities regarding documentation.

The entire set of artifacts describing a software product and all documents produced during its development process are considered software documentation [25]. This includes documents of process modeling.

To meet the needs of developers, maintainers, purchasers and end users, the requirements for quality of a software product need criteria to evaluate the internal quality, external quality and quality in use [17]. External Quality is the totality of software product characteristics from an external point of view. It is the quality when the software is executed, which is typically measured and evaluated while it is being tested in a simulated environment with simulated data and using external metrics. Quality in Use is the quality idea of the software product from the user's point of view. This quality is measured when the software is used in an environment and specified context. Internal quality regards all the software product characteristics from the internal point of view. Internal quality is measured and evaluated against the internal quality requirements which, in turn, are used to specify the properties of the intermediate products. These can include static and dynamic models, other documents and source code [18].

Evaluations of software document artifacts constitute an approach to achieve software internal quality. The idea of formal document inspections was first presented by Fagan [19], which demonstrated the ability of this approach to produce significant improvements in software quality and developer productivity. In the original approach, error data are classified by type, and then frequency of occurrence statistics are used to enhance the inspection process.

Since then, there have been many proposals and experiences to check the quality of software documentation artifacts, including pair programming [20], review based on lists and user point of view [22], views based [24] or knowledge-based [23] approaches.

Regardless of the approach to quality assurance, desirable attributes are established, whose presence or absence are observed and/or measured. According to Plösh *et al* [5] the accuracy, precision, clarity, readability, structure and intelligibility are considered the most important quality criteria for the quality of the software documentation. In this context, the accuracy is synonymous with correctness. Clarity expresses no ambiguity of the information contained in the documents. Consistency is the absence of actual or potential discrepancies in documents, based on elements such as tables, figures and

glossary. The legibility concerns the presentation of the document and is a consequence of the structure. Finally, the intelligibility arises from the combined effect of the cited attributes.

The evaluation of the quality of documentation during the software development process has strong influence on the quality of the final product and on the effectiveness and efficiency of the development process itself. In an organization where at each stage of software development there are several different teams working in parallel, and that often the communication between them is made only by means of the software artifacts, keeping the guarantee of software quality documentation is a real need.

This methodology proposed in this paper is based on internal quality evaluation. It was applied to the BPMN artifacts of SIGEPE. The need to ensure internal quality through this methodology is related to SIGEPE characteristics, which are: a large number of business processes, the huge size of the team involved in each stage of development, the need for teams to work simultaneously, the existence of different teams for modeling, requirement elucidation and development, and the fact that the development teams are geographically distributed all over Brazil. This scenario requires a methodology to ensure efficient communication through documents.

III. PROCESS MAPPING WITHIN SIGEPE

Understanding and managing processes is a growing demand in business. The collection of methods and tools to achieve these demands are referred to as Business Process Management (BPM) [8]. To formalize the mapped business process, the commonly used language is the visual notation BPMN (Business Process Model and Notation) [9]. Pidd [3] endorse the process modeling as a mechanism to discover the essential and sensitive components for which the improvements will make a difference.

In SIGEPE, the mapping process comprises two main phases [7]: the pre-mapping stage and the mapping process stage itself.

The business process pre-mapping stage aims to define tasks that will be useful during the entire process mapping phase, even if the mapping involves different teams. This phase is critical to ensure standardization of the mapping processes and thus facilitate their integration. The artifacts generated by these phases are standardized documents to be used by all business process mapping teams. The central idea is to make the processes modeled by each team adopt the same set of BPMN symbols. This results in easy interpretation, regardless of the team that performs the mapping [7].

The mapping process phase is organized in the following phases: *Initialization Process Mapping Phase* (IPMP), *Execution of the Process Mapping Phase* (EPMP) and *Validation Process Mapping Phase* (VPMP) [7]. The IPMP aims to introduce the participants to mapping. The EPMP aims to map the business process by describing each element. This stage is considered the core of the mapping process because its results are the mapped processes. The VPMP aims to present the mapped processes to the managers of the business area.

In our approach, we extend the EPMP phase to incorporate the quality process. The EPMP Quality Process is the methodology proposed by this article, which is discussed in Section IV.

IV. METHODOLOGY FOR QUALITY ASSESSMENT OF MAPPING PROCESS ARTIFACTS

This method allows evaluating the quality of the process mapping on the fly. Some elements are essential to this procedure: a quality team, checklists, meeting deadlines and meetings devoted to the understanding of the flow. The purpose of these meetings is to ensure the entire team and the stakeholders that the flow is clear, objective and with a defined pattern.

The Quality Assurance Process proposed in this methodology is shown in Figure 1. It consists of three activities, which are:

- **Analyze document:** the mapped process is analyzed by reviewers, who must complete a checklist indicating the found non-compliances. Ideally, this phase requires that at least two reviewers evaluate the same document independently, thereby producing at least two evaluations of the same document.
- **Consolidate results:** conducted by the responsible for the quality authority, which will consolidate the results into a single checklist. In case of a conflict, a meeting to solve it should be performed.
- **Assess the corrections made:** the team that mapped the process should evaluate the corrections made and solve the problems. While there is any non-compliance, the above steps must be repeated. The mapping team must complete the document performing all indicated corrections.

Thus, this process requires the involvement of the following participants: reviewer, who may be an individual or a team that will analyze compliance of the mapped process; the competent authority for review, which is the person responsible for consolidating the list of non-compliances and send it to the mapping team; the team mapping, which in this case will receive and analyze the non-conformities found and solve the problems.

An important issue is that the team that makes the analysis of the mapped processes quality must necessarily be different from the team that mapped the process. This requirement is to ensure that the mapped flow can be understood by an external team that necessarily has no prior knowledge of the business process mapped.

A. Quality Attributes to Check

The checklists are divided into two parts, one regarding the structure of the document and the other its contents. The checklists include the verification of key quality attributes described by Plösh [5]. Table I shows the relationship of each item with the issues. A checklist containing questions is shown in Figure 2.

TABLE I. QUALITY ATTRIBUTES THAT ARE RELATED TO EACH QUESTION ON THE CHECKLIST.

Questions	Quality attributes					
	accuracy	precision	clarity	legibility	structure	intelligibility
1		X		x	x	
2				x	x	
3		x		x	x	
4		x		x	x	
5		x		x	x	
6				x	x	
7				x	x	
8		x		x	x	
9		x		x	x	
10		x	x	x	x	
11				x	x	
Content	accuracy	precision	clarity	legibility	structure	intelligibility
1		x			x	
2		x		x	x	
3		x			x	
4		x	x	x	x	
5		x	x	x	x	
6		x	x	x	x	
7		x	x	x	x	
8		x		x	x	
9		x	x	x	x	
10		x	x	x	x	
11		x	x	x		
12		x	x	x		
13		x	x	x		x
14		x		x		
15		x	x	x	x	x
16		x	x	x	x	
17		x	x	x	x	
18						
19	x	x	x	x	x	x
20	x	x	x	x		
21	x	x	x	x		
22	x	x	x	x		
23	x	x	x	x		
24	x	x	x	x		x
25	x	x	x	x	x	x
26	x	x	x	x	x	x
27	x	x	x	x	x	x
28	x	x	x	x	x	x
29		x	x	x	x	

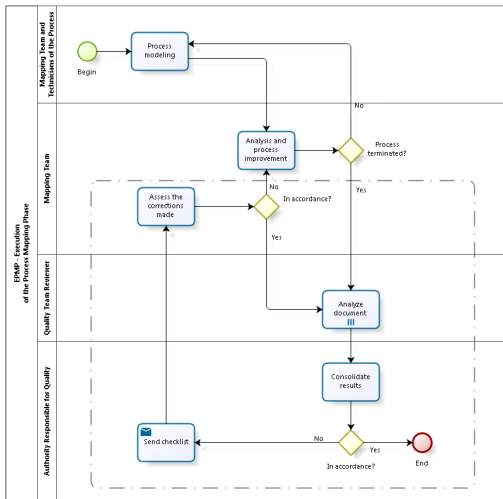


Figure 1. Detailed View of the Quality Assurance Process.

latITUDE		Universidade Federal do Rio de Janeiro		UnB	
Checklist – Macroprocesso Mapping		Processo Seletivo Simplificado (PSS)			
Artificial		20141207 SIGEPE3 - Mapeamento do Macroprocesso -			
Responsible Analyst		0001			
Date		28/02/2015			
Criteria	Yes/No	Description of non-compliance			
Format	0,00%				
1. The first line of all tables in the document has color yellow-background.	Yes				
2. The font size of the text body is 12, if it isn't, it has 1.5 spacing.	No	Font size is 10;			
3. All section titles are bold, with small font 14 and in capital letters.	No	The title of the sections is in Times New Roman size 10.			
4. In the participants and product tables, all the columns name is in bold and centered.	Yes				
5. The text inside the tables have type arial font, size 12, 1.5 spacing and is justified.	No	Font size is 10;			
6. The text inside the tables do not have spacing at the beginning or end of cells.	No	Errors found on pages: 7, 8, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 40, 66, 68, 73, 80, 81, 82 e 83			
7. There are no tables with content on different pages.	No	Errors found on pages: 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20 e 20, 30, 31, 33 e 40, 43 e 61, 63, 65 e 70, 72, 74 e 79 e 82, 84			
8. The numbering of the sections is correct.	Yes				
9. The label of the figure is in Arial 12 bold.	No	Font size is 10;			
10. The numbering of figures is correct.	Yes				
11. The images are centered.	Yes				
Content	0,00%				
1. The issue date is present on the cover and document footer.	Yes				
2. The process name is present on the cover of the document.	Yes				
3. The names of the technical team members are up to date.	Yes				
4. The revision history was filed.	Yes				
5. The index includes all sections of the document.	Yes				
6. The numbering of the sections is automatically according to the index (numbering may not be "hard coded").	Yes				
7. It is being made the distinction in name and index hierarchy with respect to processes and sub-processes.	Yes				
8. The index is updated.	Yes				
9. The document contains "Introduction", "Description of the macro process", "Products", "Participants", "Flow macroprocess" (and that respective processes and sub-processes) and "Conclusions".	Yes				
10. There is the standard text of the introduction.	Yes				
11. The process name was included in the standard text of the introduction.	Yes				
12. The document contains only content related to modeled processes, it no template markings or other information to show that the document is incomplete.	Yes				
13. A description of the macro process was made.	Yes				
14. There is a responsible for macroprocess?	Yes				
15. Macroprocess is detailed in "Products", "Participants" and "Flowchart".	Yes				
16. Every participant is detailed in terms of name and description.	Yes				
17. Every product is detailed in terms of name and description.	Yes				
18. The end of the descriptions of paper or product end to end.	Yes				
19. The whole process is detailed in terms of name, description, work item, and reference product.	Sim				
20. You can read the content of the images and they are not distorted.	No	Figure 2, 3, 4 and 6, they are unreadable			
21. The names of the tables accurately reflect the names of the images.	Yes				
22. The names of the processes, sub-processes are nouns.	No	They are verbs			
23. The name of the activities begin with the verb in the infinitive.	No	Errors found on pages: 31, 74, 78 e 81			
24. All macroprocess Flowchart processes were detailed in other flowcharts.	Yes				
25. The activities of the process are detailed in terms of description, participant, start, run, input, output and references.	Yes				
26. All gateways are described in terms of description, type and output.	No	Table on page 23 has an error			
27. Descriptions of bpmn elements present in the document are consistent with the descriptions of the related bpmn file.	Yes				
28. The numbering of bpmn elements correct.	Yes				
29. The name of the macro process and the date of the document were updated on the index.	Yes				

Figure 2. Example of a Checklist of the Questions Presented in TABLE I.

IV. CASE STUDY

In this Section we present the application of the proposed methodology within the SIGEPE Project. This one is a large project for a system that represents more than 60,000 function points distributed in 300 business processes. The development team of SIGEPE has about 500 people involved on the process mapping. Thus, this situation constitutes an ideal setting to apply the proposed methodology, since it offers the required validation challenges: large number of processes, the size of the team involved in mapping, the necessity of the process modeling teams work simultaneously and different modeling requirements and development teams.

To map SIGEPE processes, the mapping team was led by UnB (University of Brasilia); the requirements engineering team was led by the consortium formed by SERPRO [12] and DATAPREV [13] that has a leading project management team in Brasília and development teams located in various development centers in the cities of Natal, João Pessoa, Salvador, Curitiba and Belo Horizonte.

A. Pre-Mapping Phase

In the process group phase, initially, the functions related to personnel management were classified and had their processes systematized for the construction of the new system. Involved managers were knowledgeable on the goals of the new system.

In this phase, the entity responsible for the management of federal employees identified, selected and grouped by management function the processes to be mapped. Fifteen functions were identified. Each function has four macro-processes, and each average macro-process has a wide range of processes and sub-processes.

The mapping team from UnB was divided into three fronts and each one was assigned to a mapping function. Each mapping team comprises a teacher, who conducts the meeting, and two students. One student handles the process modeling tool and the other registers each meeting. BPMN was presented to participants and a subset of its symbols was defined to be used during the process mapping. This subset is available itself as a project artifact called BPMN Symbols Standardization Guide BPMN [15].

B. Business Process Mapping Phase

Once the meeting schedule was set (Mondays and Wednesdays, from 9:30 A.M. to 12:00 P.M.) a project plan was prepared containing the mapping timeline (March to June 2014). The plan contained the scope (three macro-processes: Public Recruitment Concourses, Simplified Selection Process and Public Service Lifecycle) as well as certain assumptions and certain restrictions. Also, a team from MPOG was defined to actively participate in process mapping meetings and was officially assigned as responsible in MPOG for conducting this process, thus being called the Process Owner.

As specified in EPPM, 42 meetings were held, 35 of them devoted for the macro-process Public Concourses. This macro-process comprises 9 cases and 5 sub-processes and a total of 322 tasks.

The Quality Assurance process started immediately after the completion of each process mapping. The Quality Assurance team was formed and went on to run the proposed methodology, guaranteeing compliance with quality attributes established in the methodology.

After completing the application of the methodology for the set of chosen processes, the mapping, quality control, business owner and the consortium teams signed a validation term.

V. CONCLUSIONS

Communication is critical in software projects. A consistent documentation is a key requirement for effective team communication. Artifacts with a certain level of achieved quality collaborate for the internal quality and therefore the quality of the final product.

In this paper, we extend the achievements of a previous work for a software requirements elucidation phase that presents unique features. This required a specific methodology devoted to process mapping quality. As presented in this article, this includes the quality attributes that are sought in software artifacts.

The methodology is being applied to SIGEPE, which is a large computer system for personnel management by the Ministry of Planning, Budget and Management in Brazil. Although this mapping is occurring since 2013, the application of the full methodology was held in 2014, comprising about

10% of all the processes to be mapped for SIGEPE. The artifacts quality improvement has extensively contributed to the SIGEPE project.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank the Secretariat of Personnel Management – SEGEP (Cooperation Agreement 30/2014) and the Secretariat of Budget – SOF (Cooperation Agreement 30/2014), of the Brazilian Ministry of Planning, Budget and Management, for their support to this work.

REFERENCES

- [1] Davenport, T. H. *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*. Harvard Business School Press, Boston, 1993.
- [2] Hunt, V. D. *Process Mapping: How to Reengineer your Business Process*. John Wiley & Sons, New York, 1996.
- [3] Pidd, Michael. *Modelagem empresarial: ferramentas para tomada de decisão*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- [4] Bayer, J., & Muthig, D. A view-based approach for improving software documentation practices. 13th Annual IEEE International Symposium and Workshop on Engineering of Computer-Based Systems (ECBS'06), pp. 268-278, 2006. doi:10.1109/ECBS.2006.18
- [5] Plösch, R., Dautovic, A., & Saft, M. The Value of Software Documentation Quality. In 14th International Conference on Quality Software, pp. 333-342, 2014. doi: 10.1109/QSIC.2014.22.
- [6] SIGEPE. Available www.sigepe.gov.br. Accessed Jan. 2016.
- [7] Sousa, R. T., Deus, F., Aires, B., Ribeiro, G., Araujo, A. P. F., Holanda, M., Vidal, S. S. A. N., Santos, R. M. G.; Cortes F. P. Business process modelling: A study case within the Brazilian Ministry of Planning, Budgeting and Management. In: 2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), pp. 1-6, 2014. doi: 10.1109/CISTI.2014.6876927.
- [8] Howard smith and Peter Fingar. *Business Process Management: the Third wave*. Meghan-Kiffer Press ,2013.
- [9] OMG Org., *BPMN Version 2 specification*. Available <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>. Accessed: Feb. 2016.
- [10] Cardoso, E. C. S., Almeida J. P. A., Guizzardi G. Requirements Engineering Based on Business Process Models: A Case Study. Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW), pages 320-327, 2009. doi: 10.1109/EDOCW.2009.5331974.
- [11] Recker, Jan. Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN. *Business Process Management Journal*. Vol. 16, Emerald Group Publishing Limited. pp. 181-201, 2010.
- [12] SERPRO. <https://www.serpro.gov.br/> . Accessed Feb. 2016.
- [13] DATAPREV. <http://portal.dataprev.gov.br/> . Accessed Feb. 2016.
- [14] Bizagi <http://www.bizagi.com/>. Accessed Jan. 2016.
- [15] SEGEP, Secretaria de Gestão Pública. *Guia de Padrão de Conceituação da MGPn - Metodologia de Gerenciamento de Processos de Negócio*. MPOG - Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Brasília, Brasil. Versão:01, 2015.
- [16] Koscianski, A., Soares, M. D. S. *Qualidade de Software*. Control, 2006.
- [17] NBR ISO/IEC 14598-1, *Tecnologia de informação - Avaliação de produto de software*, 2001.
- [18] NBR ISO/IEC 9126-1, *Engenharia de software - Qualidade de produto*, 2003.
- [19] Fagan, M. E., Design and code inspections to reduce errors in program development, in *IBM Systems Journal*. vol. 15 (3), pp. 182-211, 1976. doi: 10.1147/sj.153.0182.
- [20] Bisant D.B., Lyle, J.R., "A Two-Person Inspection Method to Improve Programming Productivity," *IEEE Trans. Software Eng.*, vol. 15, no. 10, pp. 1294-1304, Oct. 1989. doi: 10.1109/TSE.1989.559782.
- [21] Martin, J., Tsai, W.T. "N-Fold Inspection: A Requirements Analysis Technique," *Comm. ACM*, vol. 33, no. 2, pp. 225-232, 1990. Doi: 10.1145/75577.75587.
- [22] Thelin, T., Runeson, P., Wohlin, C. "An experimental comparison of usage-based and checklist-based reading". *IEEE Transactions on Software Engineering*, 29(8), 687-704, 2003. Doi: 10.1109/TSE.2003.1223644.
- [23] Ding, W., Liang, P., Tang, A., Van Vliet, H. Knowledge-based approaches in software documentation: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 56(6), 545-567, 2014. doi:10.1016/j.infsof.2014.01.008.
- [24] Wongwatkit, C. A development of order processing system: BPMn model. In *International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT)*, pp. 653-658, 2012.
- [25] W. M. C. da Silva, R. de Sousa, D. Q. da Mata, Araujo, A., Holanda, M., G. Dias dos Santos, *Software Documentation Quality: A Case Study for the Software Documentation of SIGEPE*, in *CISTI'2015 - 10a Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, pp. 1-6, 2015. Doi: 10.1109/CISTI.2015.7170436.

Using Information Technologies in Self-defense Education

Dora Lapkova
Faculty of Applied Informatics
Tomas Bata University in Zlín
Zlín, Czech Republic
dlapkova@fai.utb.cz

Milan Adamek
Faculty of Applied Informatics
Tomas Bata University in Zlín
Zlín, Czech Republic
adamek@fai.utb.cz

Abstract—This article is focused on possibilities of an implementation of information technologies in a learning of self-defense. The self-defense is a field which is more and more necessary in our life. During our research, we tried to find out if it is possible to connect information technologies with learning of self-defense for more effective results. We used VICON system for visualization of body motion and in the following steps we looked for differences between untrained and trained subjects. The result was a detection of significant differences and mistakes in self-defense techniques. In the future we will implement this finding to the training.

Keywords—education; school; self-defense; safety; information technologies

I. INTRODUCTION

Self-defense is a field which is primarily focused on the legal protection of personal interests. Its primary motive is to ensure the safety. That includes the theory of attack and defense, legal issues, psychology, anatomy, knowledge of the practical techniques of defense, the use of defense equipment and weapons etc. [1, 2]

Violence against children and adolescents is an indisputable part of the modern world. These cases do not get to the public so often, because media do not deal with them and that is one of the main mistakes. The result is an underestimation of the current state. A serious problem is also the violence committed by children and adolescents. One of the main issues is if these young offenders are able to be rehabilitated and if they can integrate into everyday life in the future. [2, 3]

The one of the possible ways is to introduce a self-defense into a syllabus to solve this problem. Children and adolescents will no longer be victims, who cannot defend themselves in the most cases. [2]

In the Czech Republic there are many courses of self-defense. The problem is their different quality. At some university the self-defense is the part of the syllabus. The aim of this research is to find possibilities for more effective training. Our idea is a showing a right way of self-defense techniques and then we will show mistakes of a specific person. It might be a perfect feedback for this person in his/her

learning (training). When we can see our mistakes, we are able to fix them.

II. WAYS OF ATTACK ON CHILDREN, ADOLESCENTS AND ADULTS

Attacks on children and adolescents committed by children or adolescents are specific because of the young offender and also because of the motive itself. The main problem is a fear that the victim has. That is the reason why victims do not report an attack, defend themselves and also why they can feel ashamed. The most common way of assault is a robbery or a bullying. [4]

Attacks on children and adolescents by an adult are especially domestic violence, violence with sexual motive or kidnapping.

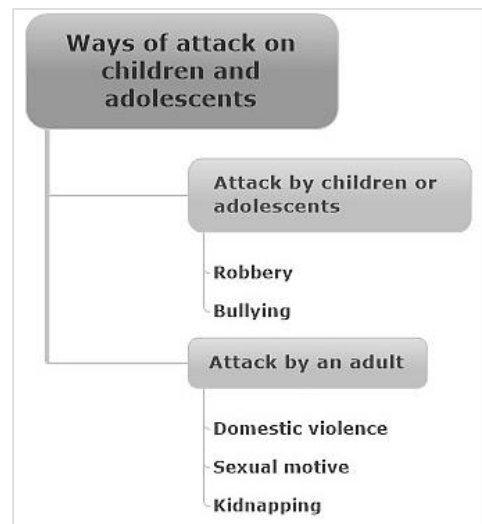


Figure 1. Ways of attack on children and adolescents.

On the other hand, attacks on adults have a broad spectrum of motives. The most often motives include a robbery, a

physical or verbal attack, an attack with a sexual motive, a domestic violence, a murder, an extortion, a bullying and a stalking.

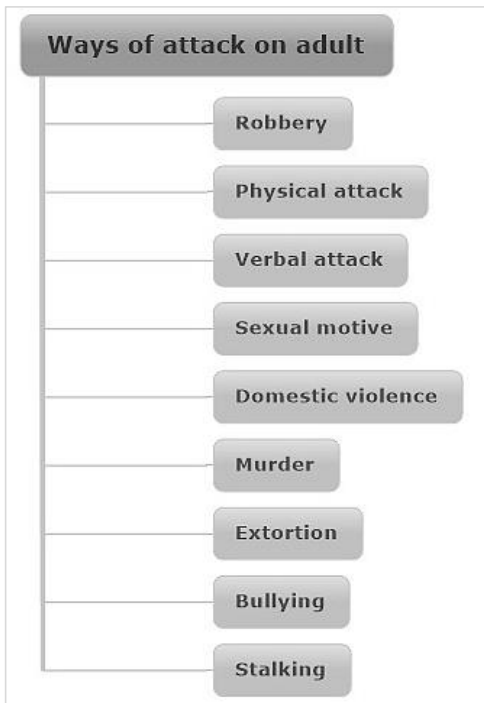


Figure 2. Ways of attack on adult.

III. PREVENTION

Prevention can be divided into three basic groups (figure 3). Primary prevention aims to prevent the emergence of violence or to suppress it in a very beginning. Secondary prevention deals with a forecasting of risk groups and risk situations. There is also an effect on these targeted groups to minimize the risk of violence. Tertiary prevention deals with situations where the violence has occurred and it is necessary to ensure that there will not be a repetition, and to minimize the consequences. [2]

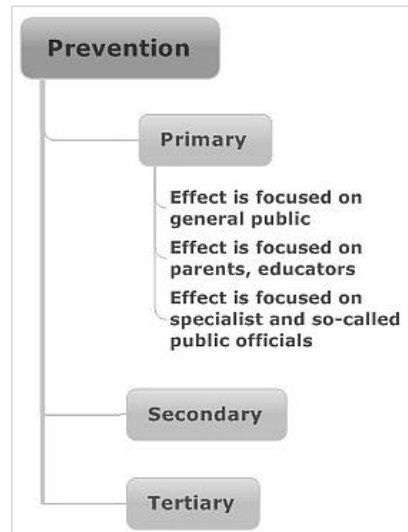


Figure 3. Prevention. [2]

A part of primary prevention is the area of education. The introduction of self-defense in the syllabus would be helpful in suppressing the violence from its inception. It is possible to prevent the emergence of conflict under the guidance of an experienced instructor.

Arguments for self-defense

- They are able to effectively resist the attacker – they will not be passive victims.
- This will enhance their self-confidence and faith in their own abilities.
- They will better recognize violence at the beginning and they will be able respond immediately. In some cases, (e.g. bullying) there is a problem that a child or an adolescent lets the situation go too far. In the end, the child does not start to fight back or even does not ask anyone for help.
- They will be able to protect the other people. [2]

IV. TECHNIQUES OF DEFENSE

The aim is to teach effective techniques of defense that will work in the most cases and against the most of offenders. It is unrealistic to have defense technique which will work in 100% cases. But the self-defense will teach to improvise and to deal with difficulties.



Figure 4. Techniques of defense. [2]

For children, it is necessary to modify the scheme to their own specific ways of attack. Generally, the weapons are more often used against adolescents (e.g. rape) than against a child (the only case is domestic violence and there are used improvised weapons).

Defense techniques for children are different from adult techniques for several reasons:

- different motives to attack them,
- specific ways of attacking,
- less physical strength,
- higher flexibility and speed of movement.

For adults, it is possible to add more techniques, especially striking techniques for more situations. It is also possible to add self-defense with defense equipment and weapons. [5,6]

V. INFORMATION TECHNOLOGIES

The self-defense is implemented in syllabus at Tomas Bata University in Zlín for more than 10 years. We have students in age of 19 - 25 years. The learning is intensive but it is limited due to a short period – limited by length of studies and the timetable. Students work out for two hours per week. This is the reason why we have looked for other possibilities for more effective learning.

In our research, we used system VICON for visualization of a body motion in the moment of striking. This can be used in self-defense training. It allows trainees to see correct techniques and also their main mistakes.

Special markers define selected body parts. All markers are placed according to validated available models (and then identified by specialized software) or customized by user's specific requirements. At least, two video cameras are needed for recording the motion and calculating coordinates in 3D. Aforementioned markers are used for the ease of measurement. The most often used markers are retro-reflexive markers (also known as passive markers) that excellently reflect infrared radiation from video cameras. This fact ensures fine level of visibility of these markers in the final digitized record. [7, 8]

During our experiment we used 8 cameras MX20+ with the resolution of 1600 x 1280 pixels and frequency of 120 FPS (frames per second) in a university hospital in Brno. The experiment was performed with 21 participants: 15 men and 6 women in age of 19 – 30 years. Each basic self-defense technique (direct punch, slap, direct kick and round kick) was performed 10 times in a row. The aim was visualization of body motion in the moment of striking.

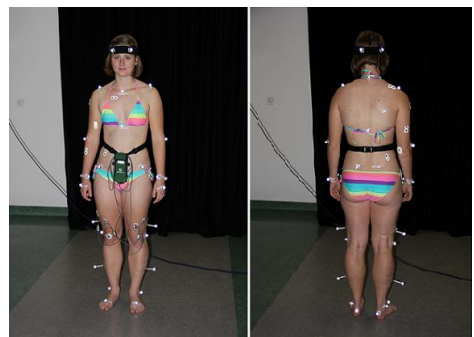


Figure 5. Markers placement.



Figure 6. Striking techniques – direct punch and slap.

The next step was to compare untrained and trained subjects in the same group of a striking technique. In Fig. 7 and 8 there is shown comparison of an untrained woman with a trained woman in the cases of a direct punch and a direct kick. We can see big differences in the profile of motion.

During the direct punch, the scanned markers were placed on the back of the hand and in one case on the elbow. The process of the direct punch was compared. As it is shown in Figure 7, there is a difference in the arm trajectory. It is clear that trajectories for the direct punch of the untrained woman are absolutely different. Also the marker on elbow shows a noticeable round motion. The trained woman has both trajectories almost same and direct.

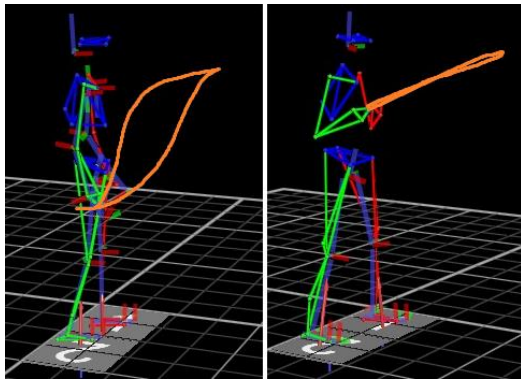


Figure 7. Untrained woman (left) and trained woman (right) – direct punch.

During the direct kick, the scanned markers were placed on the ankle and on the knee. The direct kick is very similar to the direct punch for the untrained woman. She had leg in the right position but from the backside (Fig.8) it is possible to see that she has a round motion in her move while the trained woman lifted her knee at the beginning of the kick and then directed her kick in the straightest trajectory to the target.

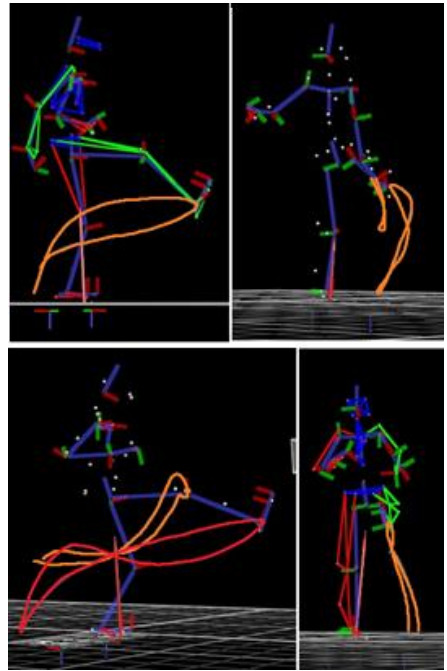


Figure 8. Untrained woman (top) and trained woman (bottom) – direct kick.

The previous figures showed that it is possible to visualize body motions. We scanned the most important parts of the body and found that comparison of their motion showed big differences.

VI. CONCLUSION

Self-defense certainly has its place in schools. If children and adolescents are to get a comprehensive education, self-defense should not be left out, especially in regard of the current state of crime in the world. The aim of self-defense is not just a fight with an opponent "face to face", but generally to take care about their safety. To check the surroundings in which we move, the people around us, if they are dangerous etc. Almost all parents teach their children to not talk to strangers, to not get in the stranger's car or to ignore offered candy etc. Basics of security are taught to them by their family and the school should help them and expand this education.

It is proven that an active defense against violence has a great chance of success, even if it is not professional. The offender will think twice if he wants to keep fighting with the victim, or if he will find another, more passive one. But it also helps in dealing with the consequences of the attack. If the victim knows that she did everything she could to defend herself, it is easier to overcome. If the victim gave up without a fight, then later she can be overcome with compunction and speculation, if it could have ended in another way.

Our research showed that it is possible to utilize the VICON system for a visualization of a body motion. The aim was to find some information technologies which can help to teach self-defense more effectively. In the future experiment we will try to teach with these technologies and then we will compare the time period which is necessary for learning. Our goal is to achieve shorter time period for learning self-defense techniques.

REFERENCES

- [1] D. Lapkova, M. Pospisilik, M. Adamek and Z. Malanik. The utilisation of an impulse of force in self-defence. In: XXIMEKO World Congress: Metrology for Green Growth. Busan, Republic of Korea, 2012, ISBN: 978-89-950000-5-2.
- [2] D. Lapkova and J. Svoboda. Innovation in Education: The Implementation of Self-Defense in the Curriculum. In: Proceedings of the 2013 International Conference on Education and Educational Technologies (EET 2013). Rhodes Island, Greece, 2013, s. 178-184. ISBN 978-1-61804-203-3
- [3] L. Cirtkova. *Modern psychology for lawyers: Domestic violence, stalking, prediction of violence*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2008. 160 s. ISBN 978-80-247-2207-8.
- [4] B. Kasparova. What is bullying?. SMARTWARE S.R.O., Publishing system MultiCMS. *Life buoy* [online]. 2009 [cit. 2013-03-28]. Available from: http://www.zachranny-kruh.cz/rizikove_chovani/co_je_to_sikana.html
- [5] D. Lapkova and Z. Malanik. Dividing of weapons and personal defense equipment. LUKÁŠ, Luděk et al. *Security technologies, systems and management II.: Theory and practice of asset protection and physical security*. Zlín: VeRBum, 2012, s. 142-155. ISBN 978-80-87500-19-4.
- [6] Z. Malanik. Preliminary issue of professional defense. LUKÁŠ, Luděk et al. *Security technologies, systems and management I.: Theory and practice of asset protection and physical security*. 1. vyd. Zlín: VeRBuM, 2011, s. 247-259. ISBN 978-80-87500-05-7.
- [7] K. Sulovska and M. Adamek. Research of biometric systems based on the recognition of human walking (Výzkum biometrických systémů založených na rozpoznávání lidské chůze). *Jemná mechanika a optika*, 2014, roč. 59, č. 10, s. 273-276. ISSN 0447-6441.
- [8] K. Sulovska. On Different Approaches to Human Body Movement Analysis. In Proceedings of the 2014 International conference on Applied Mathematics, Computational Science and Engineering. Craiova : Euroment, 2014, s. 264-274. ISSN 2227-4588. ISBN 978-1-61804-246-0.

Aprendizaje en Bioingeniería basado en la simulación y análisis de Sistemas No-lineales y Caos

Bioengineering Learning models to explain Nonlinearity and Chaos

Borja Bordel, Pilar Mareca, Ramón Alcarria

Universidad Politécnica de Madrid

bbordel@dit.upm.es, mpmareca@fis.upm.es, ramon.alcarria@upm.es

Abstract — The XXI century companies are increasingly interested in the development of complex processes on bioengineering and health sciences. In this context, it is essential for undergraduate and graduate students to understand the behavior of complex phenomena. However, nowadays, academic programs are limited to the study of linear systems and first-order approximations; while companies use sophisticated software applications applied to complex systems, whose results have to be interpreted. In order to bridge this gap, in this paper we propose a learning methodology based on working with simulation programs of non-linear dynamical systems and chaos to treat complexity, applied to bioengineering. In particular, in this work we make a software application to analyzing three interesting studies in the context of biological systems: a nonlinear electrical oscillator that is a paradigm of self-sustained oscillations, a heartbeat model based on this oscillator, and the Brusselator system to model autocatalytic biochemical reactions. As a result, we are proving how it is possible, with this application, to analyze the complex behavior and the anomalies in biological systems with this methodology. By means of the proposed software applications in this paper, we analyze and facilitate the learning involving models closer to the real world.

Simulations in Bioengineering; Non-linear dynamical systems; Chaos; Van Der Pol system; Biological Systems; Brusselator oscillator; Heartbeat; Fibrillation;

I. INTRODUCCION

Los sistemas dinámicos complejos ya sean circuitos integrados, organizaciones sociales, redes neuronales, reacciones bioquímicas en una célula viva o comportamientos de organismos vivos, evolucionan de muy diversas formas que no pueden explicarse analizando y comprendiendo por separado las partes de que se componen. Para poderlos explicar se necesitan modelos que analicen el sistema como un todo. Los citados modelos deben caracterizar y describir los sistemas no lineales, cuyas propiedades no son simplemente las que corresponden a la superposición de las partes de que se compone el sistema. Este trabajo analiza estos sistemas dinámicos desde el punto de vista docente en un nivel de grado universitario. Por otro lado, las empresas del siglo XXI buscan, con gran interés, la eficiencia y las aplicaciones al mundo real, que están cada vez más adaptadas a los escenarios más complejos [1]. Para ello, los procesos que tradicionalmente han sido tratados de manera aproximada y lineal, se han ido adaptando a la nueva realidad y complicando con efectos de segundo, tercer orden, estadísticos y no lineales [2][3].

En consecuencia, es vital que los alumnos universitarios, futuros profesionales cualificados, comprendan el comportamiento de los fenómenos no lineales, el caos y la complejidad del mundo real [4]. Sin embargo, en la mayoría de los grados universitarios y en algunas especialidades de postgrado en las carreras de ciencias e ingeniería se continúa prestando atención, de manera prioritaria, a los fenómenos lineales o que se pueden aproximar en un primer orden [5]. Sin embargo, el mundo empresarial necesita aplicaciones cada vez más aproximadas a la realidad, que contrasten los experimentos más sofisticados y para ello suele emplear programas de software cerrados o simuladores de los que se obtienen resultados numéricos sobre los que es necesario conocer y realizar un proceso crítico antes de proceder a su aplicación, sabiendo analizar correctamente su contenido científico y técnico [6][7]. Si bien en las universidades españolas en ciencias e ingeniería, existen cursos de doctorado y cursos de master, para el aprendizaje de sistemas complejos, sin embargo, éstos no llegan al nivel de grado, muy necesario para una formación universitaria completa en Bioingeniería. La necesidad de cubrir esta laguna ha motivado, de manera especial, la realización de este trabajo.

Muchos estudiantes expresan las dificultades que encuentran para dar el salto cualitativo que supone analizar con espíritu crítico resultados donde intervienen fenómenos hasta ahora no abordados, o bien, mal comprendidos [8]. Este hecho debe poner sobre aviso a la comunidad educativa acerca de la necesidad de avanzar y comenzar a considerar dentro de una formación básica la comprensión de fenómenos donde intervienen la no-linealidad, el caos y los sistemas complejos.

Para contribuir al aprendizaje de fenómenos no lineales en Bioingeniería, en este artículo se propone un estudio y simulación de determinados sistemas no lineales que exhiben caos, mediante la resolución numérica de sistemas dinámicos no lineales juntamente con el software que se requiere para ello. El objetivo es, por tanto, aplicar modelos matemáticos que permitan el diseño de procesos reales, en los que la no linealidad juega un papel importante, como es el caso de los seres vivos, capaces de exhibir fenómenos como el Caos. Con las aplicaciones numéricas que aquí se proponen, los estudiantes de grado en ciencias o ingeniería pueden trabajar y analizar los sistemas no lineales así como manipular las con flexibilidad y cierta versatilidad, obteniendo, de esta forma, resultados suficientemente próximos a la realidad. En concreto,

en este trabajo se presentan tres aplicaciones para el estudio de sistemas complejos biológicos: la primera es un estudio previo de las oscilaciones de relajación y auto-sostenidas en circuitos electrónicos la segunda, un modelo para el análisis del proceso de excitación del corazón y la tercera, un estudio de las reacciones autocatalíticas, de gran interés biológico, al ser aplicables para la interpretación de ciertas reacciones enzimáticas en fisiología. El primer caso es un estudio obligado, para un futuro ingeniero, de un circuito electrónico no lineal que exhibe oscilaciones de relajación, forzadas y presenta un ciclo límite. Es un sistema que se ha utilizado en ocasiones para realizar estudios prácticos de modelos fenomenológicos en sistemas reales. En concreto, ya en 1928 el ingeniero Van Der Pol (VDP) [9] realizó, a partir de su circuito electrónico, un modelo eléctrico de la autoexcitación del corazón. Por ello, en los dos primeros casos se hará uso de las ecuaciones que representan la dinámica no lineal del oscilador de VDP [10], mientras que en el tercero y para analizar las reacciones autocatalíticas de comportamiento no lineal, se aplicará la dinámica del oscilador no lineal conocido como Brusselator [11]. El resto del artículo se organiza como sigue: la Sección 2 presenta el modelo matemático para las oscilaciones forzadas y de relajación en donde se muestran algunos ejemplos reales empleados en el proceso de enseñanza. La Sección 3 sigue la misma orientación, pero está aplicada a la estimulación rítmica del corazón, donde se aprecian oscilaciones auto-mantenidas. Finalmente, la Sección 4 se dedica al análisis y simulación de las reacciones autocatalíticas. En la Sección 5 presentan las conclusiones del trabajo. La resolución numérica de todas las aplicaciones que se presentan, se ha realizado en lenguaje de Matlab y se ha utilizado un integrador Runge-Kutta de cuarto orden.

II. OSCILACIONES FORZADAS Y DE RELAJACIÓN EN CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

A pesar de la importancia del régimen permanente de un oscilador [12], en muchos de los fenómenos más importantes de la naturaleza ese paradigma no es el único que se presenta y aparece todo un abanico de fenómenos más complejos. En concreto, existen numerosos ejemplos en la naturaleza, incluso aplicaciones numéricas para abordar los sistemas gobernados por oscilaciones forzadas en los que además interviene alguna componente no-lineal. Gracias a la componente no-lineal se pueden observar otro tipo de fenómenos relevantes, desde oscilaciones de relajación pasando ciclos límite, estados de turbulencia y caos. En las oscilaciones de relajación la dinámica tiene dos escalas de tiempo bien diferenciadas como veremos más adelante. Una asociada a una “acumulación” donde el tiempo modifica muy poco las condiciones dinámicas y otra de “descarga”, donde el proceso es muy rápido.

Para el primer caso, el análisis del régimen permanente, tenemos los elaborados paquetes de simulación de estructuras empleados en ingeniería civil, que tratan de predecir el comportamiento de edificios, puentes, etc. cuando son sometidos a vientos que fuerzan su oscilación. Para el segundo caso, donde interviene la componente no lineal, los planificadores de espacios, donde los tubos fluorescentes están gobernados por oscilaciones de relajación. O los sistemas depredador-presa. Otra aplicación importante se tiene en las oscilaciones *auto-sostenidas* que realiza el corazón humano

para bombear la sangre a través de los pulmones y la circulación periférica. Para favorecer el aprendizaje de estos tipos de oscilaciones, y todo el abanico de fenómenos que pueden producir, proponemos el uso de la dinámica forzada de Van Der Pol [13].

En 1920 el ingeniero y físico de Philips, Balthasar van der Pol decide agrupar varios de los fenómenos oscilatorios que había descubierto (como el arpa eólica o el martillo neumático) en una sola clase de Sistema Dinámico consistente en un circuito eléctrico no-lineal. La ecuación que describe el funcionamiento de dicho circuito cuando se encuentra alimentado por un generador $E_s = A \text{sen}(\omega t + \varphi)$ puede ser expresada como un sistema de tres ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden (1).

$$\begin{aligned} \dot{x} &= y \\ \dot{y} &= \mu(1 - x^2)y - x + A \text{sen}(\theta) \\ \dot{\theta} &= \omega \end{aligned} \quad (1)$$

El sistema descrito en (1) engloba los dos fenómenos que queremos estudiar. Tanto las oscilaciones de relajación (para $A = 0$), como las oscilaciones forzadas (para $A \neq 0$). En este sistema A representa la fuerza con la que se sostiene la oscilación, ω es la pulsación del forzado y μ engloba todos los fenómenos de resistencia y rozamiento del sistema.

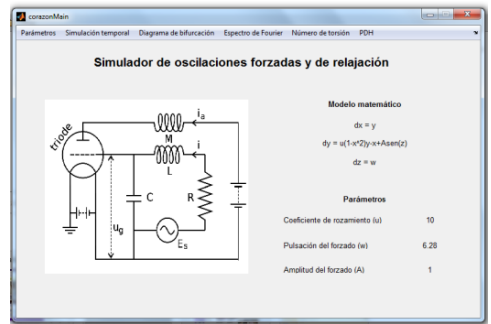


Figura 1. Capturas de pantalla del simulador para estudiar las oscilaciones forzadas y de relajación. Se parecía una imagen del circuito de Van Der Pol, acompañada de las ecuaciones dinámicas del sistema y el valor de los parámetros A , μ y ω

La Figura 1 muestra una ventana de la aplicación numérica que se ha desarrollado para que los alumnos puedan trabajar sobre este modelo de forma sencilla. En la pantalla se muestra tanto el esquema eléctrico del circuito, como el modelo matemático para analizarlo, y el valor de los parámetros de control que se tienen configurados en ese momento. En la parte superior, un menú permite generar en ventanas separadas, diferentes tipos de análisis: temporal, estadístico, en frecuencias, etc. De esta manera, los alumnos pueden analizar de forma independiente ambas ventanas, obtener varios comportamientos del oscilador en paralelo, y comparar los resultados realizando una composición en la pantalla.

Como ejemplo, y dada la naturaleza de los problemas que gobiernan este tipo de oscilaciones, proponemos analizar la

evolución del sistema según la pulsación del forzado (Figura 2). En la Figura 2(a), puede observarse, en un diagrama de bifurcación en función del parámetro de control μ , la alternancia entre regiones para las que el sistema genera oscilaciones regulares, y regiones en la que el sistema entra en Caos, cuya dimensión es la de un fractal y que en ocasiones, deseamos eliminar (control del caos).

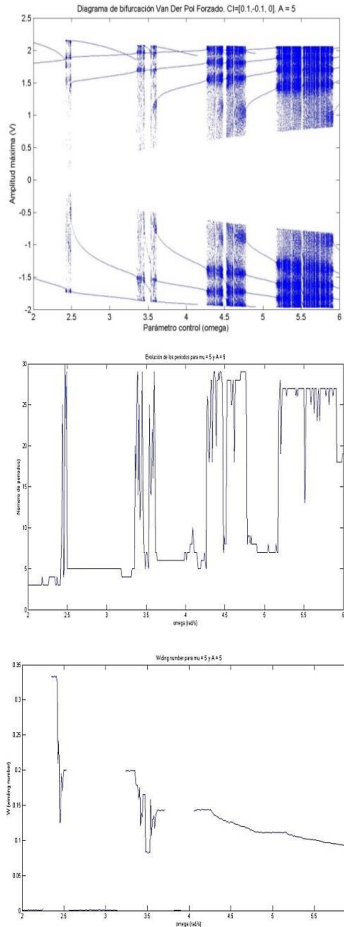


Figura 2. Estudio del sistema de Van Der Pol forzado según la frecuencia del oscilador externo. Parámetros: $\mu = A = 5$. De arrib abajo (a) Diagrama de bifurcación (b) Número de máximos por periodo (c) Número de torsión

Las figuras 2(b) y 2(c) muestran la relación de estas regiones con el número de máximos distintos que presenta una señal (que crece anormalmente en zona caótica) y con el llamado “número de torsión” [14]. Este número representa la coherencia entre la frecuencia del forzado y la frecuencia de la oscilación del sistema. Para señales sinusoidales de frecuencia bien definida, dicho número es nulo, por lo que bajos valores

suelen asociarse con comportamientos regulares del sistema (alta coherencia), mientras que número altos son indicativos de la presencia de Caos. Haciendo un uso más elaborado de la aplicación, los alumnos pueden comprobar los diferentes tipos de trayectorias que un oscilador forzado puede generar, mediante su representación en el espacio de las fases. Haciendo una composición en pantalla de forma adecuada, se obtuvieron representaciones como la de la Figura 3.

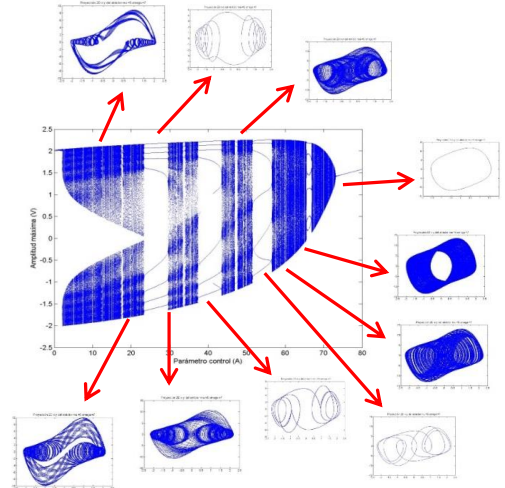


Figura 3. Diagrama de bifurcación del sistema de Van Der Pol forzado según la amplitud del oscilador externo para $\omega = 7, \mu = 5$. Se aprecian desde topologías regulares hasta diferentes tipos de soluciones caóticas

III. PROCESO DE ESTIMULACIÓN RÍTMICA DEL CORAZÓN

El auge de la bioingeniería en los últimos tiempos, ha propiciado la unión entre tecnología y ciencias de la salud. En este contexto, un estudio de gran interés para estos futuros profesionales es el de la excitación rítmica del corazón.

El corazón está dotado de un sistema especial para: 1) generar impulsos eléctricos rítmicos que produzcan la contracción rítmica del músculo cardíaco y 2) conducir estos estímulos rápidamente por todo el corazón.

Cuando este sistema funciona normalmente, las aurículas se contraen aproximadamente 1/6 de segundo antes de la contracción ventricular, lo que permite el llenado de los ventrículos antes de que bombeen la sangre a través de los pulmones y de la circulación periférica. Este sistema también es importante porque permite que todas las porciones de los ventrículos se contraigan casi simultáneamente, lo que es esencial para una generación de presión más eficaz en las cavidades ventriculares. Este sistema rítmico y de conducción del corazón se puede lesionar en las cardiopatías, con la consecuencia de una alteración del ritmo cardíaco o una secuencia anormal de contracción de las cavidades cardíacas, y, con frecuencia, una alteración grave de la eficacia de la función de bomba del corazón, incluso hasta el grado de producir la muerte. En este análisis y para su explicación, interviene el fenómeno del caos.

En las ciencias médicas, las diferentes cardiopatías se describen por los daños o anomalías físicas en el sistema de excitación del corazón. Para su estudio, observación y comprensión, sin embargo, nosotros proponemos el uso de un modelo matemático que representa los impulsos eléctricos en el tejido nervioso del corazón mediante la dinámica no-lineal del oscilador VDP. Uno de los primeros modelos, que utiliza un sistema VDP modificado para explicar las excitaciones del tejido nervioso, es la debida a R. FitzHugh [15].

Una de las propiedades importantes del modelo de VDP, debido a su no-linealidad, es la de tener oscilaciones *automantendidas* que representan la autoexcitación del corazón. Por ello, el modelo elegido [16] para implementar el proceso de la excitación nerviosa del corazón y su dinámica, consiste en dos osciladores no lineales VDP acoplados. Uno de ellos representa la actividad eléctrica del nódulo SA (sinoauricular o sinusal, asociado a las aurículas) y el otro hace lo propio con el nódulo AV (atrioventricular, asociado a los ventrículos). Ambos representan los dos marcapasos naturales que tiene el corazón. Las cuatro ecuaciones que gobiernan su dinámica son (2) y (3):

Nódulo SA

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= k(x_1 - w_1)(x_1 - w_2)x_2 - b_1x_1 + a_1\text{sen}(ft) \end{aligned} \quad (2)$$

Nódulo AV

$$\begin{aligned} \dot{x}_3 &= x_4 \\ \dot{x}_4 &= k(x_3 - w_1)(x_3 - w_2)x_4 - b_2x_3 + c(x_1 - x_3) \end{aligned} \quad (3)$$

donde:

c es el coeficiente de acoplamiento entre el nódulo SA y el nódulo AV (y que controla la sincronización [17] de sus ritmos eléctricos)

$a_1\text{sen}(ft)$ es un sumando que representa la acción de una fuerza externa (oscilador forzado) que pretende incorporar la acción de un marcapasos artificial para controlar una oscilación anómala del nódulo AV

k, w_1, w_2, b_1, b_2 ; los tres primeros relacionados con los efectos disipativos, y los coeficientes b con las frecuencias naturales de los dos osciladores. Son parámetros determinados mediante experimentación médica.

Aunque en los osciladores VDP clásicos, los fenómenos de disipación vienen dados por un polinomio cuadrático sin término de primer orden, para reproducir mejor el funcionamiento del corazón [18] [19] éste término debe venir representado por un polinomio cuadrático completo, dejando de ser simétrica la dinámica. En [20] se utiliza el polinomio completo con la "ecuación asimétrica de Van Der Pol". Finalmente, en [20] se demuestra que la ecuación debe contener un coeficiente adicional b , que permita representar la frecuencia intrínseca de la pulsación nerviosa.

En este trabajo se propone una versión más básica del modelo propuesto en [21]. En nuestro modelo la pareja de osciladores, uno para representar el nódulo SA de señales

$x_1(t)$ y $x_2(t)$ y el otro para el nódulo AV de señales $x_3(t)$ y $x_4(t)$, se ha considerado que el acoplamiento entre nódulos es únicamente unidireccional, del nódulo SA hacia el nódulo AV.

La Figura 4 muestra la ventana del simulador que se ha desarrollado para que los alumnos puedan analizar este modelo de funcionamiento del corazón, de forma práctica. Como puede verse, la estructura es similar a la vista en la Figura 1, aunque en este caso se ha incluido un diagrama explicativo del funcionamiento de los impulsos del corazón que parten de los nódulos SA y AV.

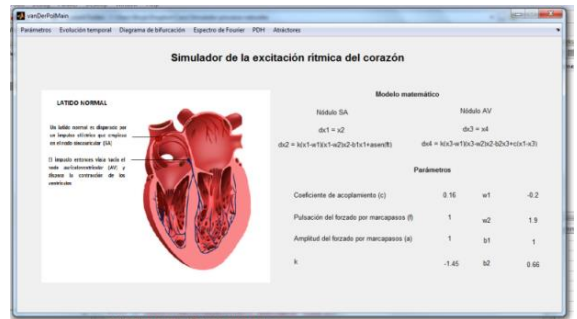


Figura 4. Capturas de pantalla de la aplicación para estudiar el proceso de excitación rítmica del corazón. Se incluye una imagen explicativa de la excitación del corazón, las ecuaciones dinámicas que modelan el proceso y el valor de los parámetros de control w_1, w_2, b_1 y b_2 .

La primera de las simulaciones propuestas es el análisis del ritmo de contracción de los ventrículos en un corazón libre de marcapasos externo, a medida que varía el acoplamiento c entre los nodos SA y AV (Figuras 5 y 6). Como se puede observar (Figura 5), en la mayor parte del margen considerado, el régimen de oscilación del ventrículo es regular, pero en la zona de acoplamientos bajos (para $c \lesssim 0.16$) también aparece un comportamiento caótico débil (de pequeño exponente de Lyapunov). Esto puede, entonces, ser interpretado en los siguientes términos:

Cuando el ventrículo se encuentra lo suficientemente acoplado a la aurícula, valor de c alto, el movimiento de ambos está sincronizado de forma robusta (como se puede apreciar en las simulaciones de sincronización). El ventrículo, entonces, sigue el ritmo marcado por la aurícula y ambos experimentan un movimiento periódico y regular (Figura 7). Sin embargo, cuando el acoplamiento es deficiente ($c < 0.16$), la sincronización de tipo *lag* (o retardada) se debilita tendiendo a una sincronización incompleta. Esa "libertad de movimiento" ganada por el ventrículo provoca que éste comience a exhibir oscilaciones arrítmicas [22] y complejas que se identifican como Caos. En esta región (ampliada en la Figura 6) el corazón presenta un comportamiento anómalo, que puede ser el origen de arritmias y ciertas cardiopatías (Figura 8).

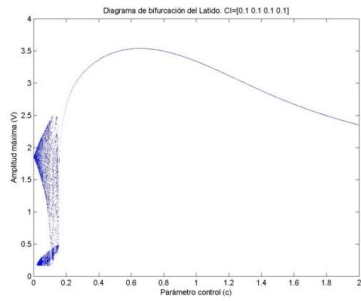


Figura 5. Diagrama de bifurcación según c en la señal x_4 . Parámetros: $a_1 = 0, k = -1.45, w_1 = -0.2, w_2 = 1.9, b_1 = 1, b_2 = 0.66$

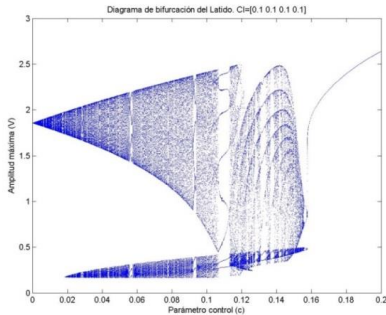


Figura 6. Ampliación del diagrama de bifurcación de la Figura 6 para el régimen de acoplamiento bajo

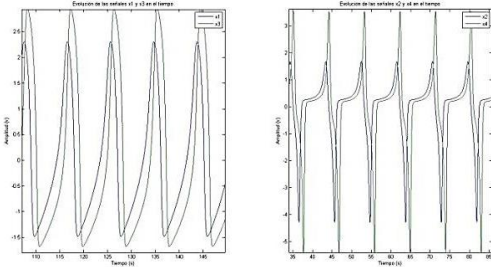


Figura 7. Comparación entre las señales eléctrica en el nodo SA y el nodo AV, donde se muestra la robusta sincronización tipo *lag* entre ambas señales. Parámetros: $a_1 = 0, k = -1.45, w_1 = -0.2, w_2 = 1.9, b_1 = 1, b_2 = 0.66, c = 0.8$

Como puede verse, cuando los nodos SA y AV están sincronizados entre ambas señales hay un desfase de (aproximadamente) 0.9 unidades de tiempo normalizadas (Figura 7). Cuando la sincronización se pierde, el desfase entre dos señales no es constante (variando en el orden de las 5 unidades de tiempo normalizadas). En la Figura 9 se muestran las señales de ambos nodos pero eliminando el retraso propio de la sincronización *lag* para que se aprecie como ambas señales coinciden perfectamente.

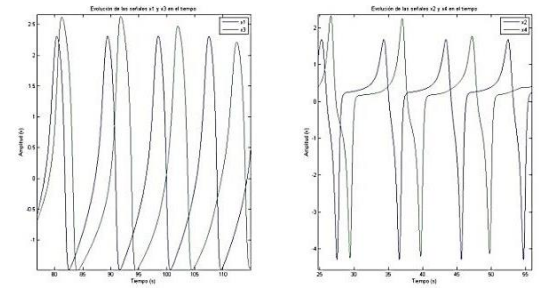


Figura 8. Comparación entre las señales eléctricas en el nodo SA y el nodo AV, donde la sincronización *lag* se ha perdido. Parámetros: $a_1 = 0, k = -1.45, w_1 = -0.2, w_2 = 1.9, b_1 = 1, b_2 = 0.66, c = 0.1$

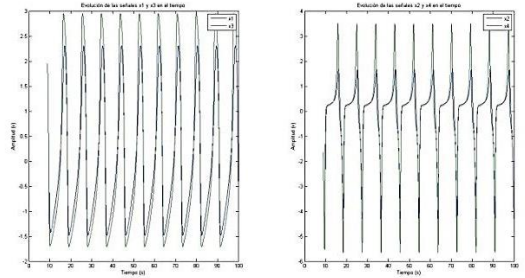


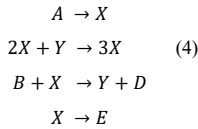
Figura 9. Superposición de las señales eléctrica en el nodo SA y el nodo AV. Parámetros: $a_1 = 0, k = -1.45, w_1 = -0.2, w_2 = 1.9, b_1 = 1, b_2 = 0.66, c = 0.8$

IV. REACCIONES AUTOCATALÍTICAS

Hasta ahora, se han presentado modelos capaces de exhibir fenómenos complejos de excitación como el latido del corazón. En esta sección presentamos otro ejemplo de aplicación de gran interés biológico. Se trata de la dinámica de un Sistema Dinámico que modela el comportamiento de una reacción química, sin ser habitual en la química, tiene un comportamiento oscilatorio, estando descrita por ecuaciones no lineales. Es la conocida como 'Brusselator'. Este Sistema responde a una dinámica no-lineal y es el primero que describe una reacción anómala, pues se aleja del equilibrio y la concentración de los reactivos no converge a un valor definido, sino que es oscilante. En el momento de su descubrimiento en la década de 1950 por B. P. Belousov, no se supo dar una respuesta adecuada para explicar su comportamiento [23]. Las reacciones químicas autocatalíticas, son importantes, además, porque facilitan las reacciones metabólicas en los seres vivos. Para analizarla, proponemos esta aplicación en lenguaje de Matlab que permite estudiar las reacciones mediante la dinámica del oscilador no-lineal Brusselator [11].

La autocatálisis es el proceso mediante el cual un compuesto químico induce y controla una reacción química sobre sí mismo. La dinámica Brusselator intenta describir el comportamiento en el tiempo para la reacción Belousov-

Zhabotinsky (RBZ), la cual se ajusta al patrón (4) y exhibe un comportamiento oscilante en la concentración de sus reactivos. Nótese que, en busca de la sencillez, en esta ocasión todas las constantes cinéticas han sido igualadas a la unidad.



Donde A y B son los reactivos, D y E los productos y X e Y especies intermedias de la reacción. El objetivo es averiguar cómo se desarrolla el proceso de la reacción en los estados intermedios, y, por tanto, conocer la evolución de las concentraciones de los compuestos X e Y en el tiempo. Las concentraciones de A y B, al no formar parte de los productos de la reacción, se utilizarán como parámetros. Las dos especies de interés para su análisis son las X e Y. La dinámica resultante en forma adimensional [24] es (5).

$$\begin{aligned}
 \dot{x} &= a + x^2y - bx - x \quad (5) \\
 \dot{y} &= bx - x^2y
 \end{aligned}$$

donde se ha sustituido las variables X e Y por sus minúsculas x e y, respectivamente. Además, a y b son los parámetros de la dinámica resultante cuya variación dará lugar al análisis de las soluciones para x e y. Como puede observarse este modelo, al ser un sólo oscilador bidimensional sin forzar, no consta más que de dos ecuaciones, lo que excluye la aparición de caos.

La Figura 10 muestra el simulador que se ha desarrollado para que los alumnos pudieran trabajar sobre este modelo de forma sencilla. Como puede verse, es el simulador más sencillo de todos, ya que interesa un estudio de las oscilaciones sin añadir una fuerza exterior periódica para estudiar la estabilidad de su único punto fijo y la obtención del ciclo límite característico de las oscilaciones fuera del equilibrio.

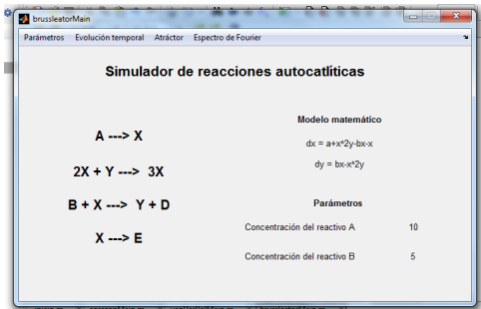


Figura 10. Capturas de pantalla del simulador para estudiar las reacciones autocatalíticas.

Se puede demostrar analíticamente, que esta dinámica presenta un único punto fijo en $(x = a, y = \frac{b}{a})$. El jacobiano alrededor de dicho punto es del tipo (6).

$$J = \begin{bmatrix} b-1 & a^2 \\ -b & -a^2 \end{bmatrix} \quad (6)$$

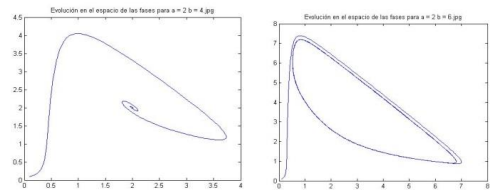


Figura 11. (a) Convergencia de una trayectoria hacia el punto fijo del sistema Brusselator para $a = 2, b = 4$ (b) Ciclo límite estable del sistema Brusselator para $a = 2, b = 6$

Ya que $Det(J) = a^2 > 0$, y el punto fijo no puede ser un punto de silla, mientras $Tr(J) = b - (1 + a^2) < 0$ el punto fijo es asintóticamente estable y el sistema no es oscilatorio (Figura 11(a)). Cuando $Tr(J) > 0$, el punto fijo es inestable, y a su alrededor se forman ciclos límite de tipo estable (Figura 11(b)).

Además, con el objeto de que el sistema Brusselator reproduzca las inestabilidades propias de un estado dinámico de la reacción con oscilaciones erráticas, no periódicas y en régimen de caos, como ocurre en la realidad, se excita con una señal periódica externa, de frecuencia ω . El resultado es el sistema (7).

$$\begin{aligned}
 \dot{x} &= a + x^2y - bx - x + m\cos(\theta) \quad (7) \\
 \dot{y} &= bx - x^2y \\
 \dot{\theta} &= \omega
 \end{aligned}$$

Algunas de las topologías que genera este sistema pueden verse en las figuras 12 y 13.

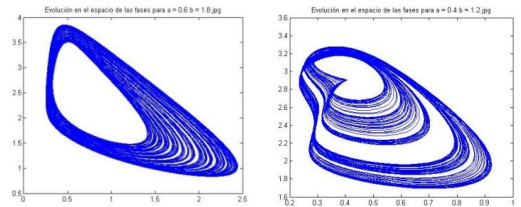


Figura 12. (a) Atráctor caótico del sistema Brusselator para $a = 0.4, b = 1.2, m = 0.05, \omega = 0.81$ (b) Atráctor caótico del sistema Brusselator para $a = 0.6, b = 1.8, m = 0.05, \omega = 0.81$

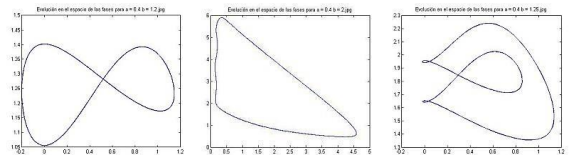


Figura 13. (a) Cilio límite del sistema Brusselator para $a = 0.4, b = 1.2, m = 1, \omega = 1$ (b) Cilio límite del sistema Brusselator para $a = 0.4, b = 2, m = 0.05, \omega = 0.81$ (c) Cilio límite del sistema Brusselator para $a = 0.4, b = 1.25, m = 0.5, \omega = 0.81$

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta la implementación de tres aplicaciones en las que se introducen sistemas no-lineales, de interés en ciencias e ingeniería, teniendo especial interés en la bioingeniería. Con el estudio de estos sistemas se quiere introducir a los alumnos de grado y posgrado en problemas reales que exhiben no-linealidades y Caos llegando a proporcionar modelos realistas y de comportamiento complejo, de una manera didáctica. Este trabajo pretende contribuir a la generación de aplicaciones que simulen los procesos reales con más precisión, orientadas al estudio y análisis de fenómenos no lineales, cuya falta en los centros educativos superiores, a día de hoy, es evidente. Sin ayuda de las aplicaciones numéricas y el software proporcionado, no sería posible su estudio y análisis debido a que la dinámica de estos sistemas no posee soluciones analíticas. El trabajo aprovecha para realizar una explicación didáctica de la dinámica de estos sistemas no-lineales y para comprender su comportamiento y evolución en el tiempo. En estas aplicaciones se incluyen comportamientos de los sistemas no-lineales tanto en régimen regular como en régimen caótico. Se hace un análisis de la estabilidad del sistema introduciendo desde los atractores caóticos, pasando por la obtención de los exponentes de Lyapunov, hasta la obtención de sus diagramas de bifurcación, en función de los parámetros de control. Todo ello con ayuda del simulador gráfico que complementa, sin lugar a dudas, la explicación docente. Por otro lado, en la segunda aplicación del modelo eléctrico del corazón se consigue simular la señal real del latido del corazón y se llega a obtener una sincronización incompleta entre la aurícula y el ventrículo. El orden proporcionado va desde (1) un oscilador eléctrico no lineal mediante un sistema de VDP, que, siendo un modelo inicialmente electrónico, presenta la base de las oscilaciones *automantendidas* de procesos reales, pasando por (2), un sistema más complejo de excitación del corazón aproximado por los autores, para finalmente (3), explicar y simular de manera didáctica, un modelo de reacción autocatalítica.

Esta aplicación docente se pretende implementar en el próximo curso escolar en la plataforma online OCW (Open Course Ware) de la Universidad Politécnica de Madrid.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad a través del Proyecto SEMOLA (TEC2015-68284-R).

REFERENCIAS

- [1] L. Torres, and P. Bachiller. "Efficiency of telecommunications companies" European countries. *Journal of Management & Governance*, 2013, vol. 17, no 4, p. 863-886.
- [2] J. Thoma, and B. Bouamama. *Modelling and simulation in thermal and chemical engineering: A bond graph approach*. Springer Science & Business Media, 2013.
- [3] M. Schrage. *Serious play: How the world's best companies simulate to innovate*. Harvard Business Press, 2013.
- [4] G. Siemens. "Connectivism: A learning theory for the digital age". *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning* 2014.
- [5] R.M. Norbert. *Circuitos electrónicos: análisis, simulación y diseño*. Editorial Prentice Hall, 1996.
- [6] A. A. Ponomarenko. "CST simulation of THz radiation from a channel with periodically variable radius". *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 2015, vol. 355, p. 160-163.
- [7] C. H. Schmidt. "A Detailed PO/PTD GRASP Simulation Model for Compensated Compact Range Analysis with Arbitrarily Shaped Serrations". AMTA, Columbus, Ohio. [35st Antenna Measurement Techniques Association Conference Proceedings, 2013. p. 6-11].
- [8] C. Molleda. "Seguimiento de los resultados del Grado de Ingeniero del Medio Natural de la Universidad Politécnica de Madrid". Alicante, 2012. [X Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria pag 140-150]
- [9] B. Van der Pol, J. Van der Mark. "The Heartbeat considered as a Relaxation Oscillation, and an Electrical model of Heart". *Phil Mag*, 1928, vol 6, p.763-775
- [10] B. V. Van Der Pol. "Forced oscillations in a circuit with non-linear resistance.(reception with reactive triode)". *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1927, vol. 3, no 13, p. 65-80.
- [11] K. J. Brown, F. A. Davidson "Global bifurcation in the Brusselator system". *Nonlinear Analysis: Theory, Methods & Applications*, 1995, vol. 24, no 12, p. 1713-1725.
- [12] J.J. González De La Rosa. *Circuitos electrónicos con amplificadores operacionales: problemas, fundamentos teóricos y técnicas de identificación y análisis*. Marcombo, 2001.
- [13] B. V. Van Der Pol. "On relaxation-oscillations". *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1926, vol. 2, no 11, p. 978-992.
- [14] U. Parlitz, and W. Lauterborn. "Period-doubling cascades and devil's staircases of the driven van der Pol oscillator". *Physical Review A*, 1987, vol. 36, no 3, p. 1428.
- [15] R. Fitzhugh. "Impulses and physiological states in theoretical models of nerve membrane". *Biophysical journal*, 1961, vol. 1, no 6, p. 445.
- [16] A. Dos Santos, S. R. Lopes, and R. L. Viana. "Rhythm synchronization and chaotic modulation of coupled Van der Pol oscillators in a model for the heartbeat". *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2004, vol. 338, no 3, p. 335-355.
- [17] S. Nazari, A. Heydari, J. Kaligh. "Modified modeling of the heart by applying nonlinear oscillators and designing proper control signal." *Applied Mathematics*, 2013, vol. 4, no 07, p. 972.
- [18] O. Kongas, *Nonlinear Dynamics in Modeling Cardiac Arrhythmias*. Thesis. TTÜ Kirjastus, 1998.
- [19] R. Abraham, C. Simo, "Bifurcations and chaos in forced van der Pol systems". *North-Holland Mathematics Studies*, 1985, vol. 103, p. 313-344.
- [20] O. Kongas, R. Von Herten, and J. Engelbrecht. "Bifurcation structure of a periodically driven nerve pulse equation modelling cardiac conduction". *Chaos, Solitons & Fractals*, 1999, vol. 10, no 1, p. 119-136.
- [21] B. Bordel Sánchez. *Análisis, construcción, simulación y sincronización de circuitos electrónicos prototipos de Caos*. PFC. 2014. (disponible en: <http://oa.upm.es/30899/>)
- [22] S. Dai, D. Schaeffer. "Chaos for cardiac arrhythmias through a one-dimensional modulation equation for alternans". *Chaos*, 2010, vol. 20, no 2, p. 023131.
- [23] O. Benini, R. Cervellati, and P. Fetto, The BZ reaction: experimental and model studies in the physical chemistry laboratory, *Journal of Chemical Education* 73 (1996), 865-868
- [24] I. Prigogine. "Time, structure and fluctuations". *Science*. 1977

Adoption of reverse auctions in public e-procurement: the case of Portugal

Óscar Cabral
DCSPT
Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
oscarcabral@ua.pt

Luis Ferreira
DEGEI/GOVCOPP
Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
lmferreira@ua.pt

Gonçalo Paiva Dias
ESTGA/GOVCOPP
Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
gpd@ua.pt

Abstract — This study focuses on the adoption and use of electronic Reverse Auctions (eRA) for public procurement in Portugal, between 2013 and 2014. With this objective, we collected and analysed 8646 contract notices of public works, supplies and services for open and restricted procedures. Conclusions were drawn regarding its distribution in terms of Contracting Authorities, their organization and etymology, contracts' objects, types of purchase, type of procedure used, prices, and supporting technology. The study demonstrates that an eRA took place in 0.7% of the procedures, consistent and in line with the results advanced by the European authorities.

Keywords – e-government; e-procurement; public procurement; reverse auction; Portugal.

I. INTRODUCTION

Since Directives 2004/17/EC [1] and 2004/18/EC [2] entered into force in the European Union (EU) and its subsequent adoption within Portuguese National Law in 2008 by the Code of Public Procurement (known in Portugal as “Código dos Contratos Públicos”) [3], the use of electronic Reverse Auctions (eRA) for supplies, services and works of the public sector has gained its rightful regulations, allowing – from a formal point of view – the adoption of these negotiating mechanisms in public procurement procedures conducted by European and National Contracting Authorities (CA).

A. On the concept of electronic Reverse Auctions

In order to fully understand the analysis and outcomes of this study, it's important to first clarify the concept of the eRA as provided by the article 1(7) of the EU Directive 2004/17/EC [1]: “An ‘electronic auction’ is a repetitive process involving an electronic device for the presentation of new prices, revised downwards [authors note: thus taking the designation of reverse], and/or new values concerning certain elements of tenders, which occurs after an initial full evaluation of the tenders, enabling them to be ranked using automatic evaluation methods”. Technology is thus vital to fulfil the requirements of this notion of eRA since it is used “an electronic device designed to allow competitors to progressively improve the attributes of the respective proposals (...)” in accordance to the article 140(1) of the aforementioned Portuguese Code of Public Procurement [3].

J. Silva [4] points out that the notion of this mechanism doesn't comprise “a specific form of tender, but only a procedural expedient provided to the contracting authority” that

develops “(...) automatic and computerized processes (...) without human intervention”. Therefore, the author emphasises the innovative and disruptive policy mind-set behind the mechanisms, linking eRA with a set of principles of “(...) modernisation, dematerialization and flexibility on contract awarding towards an electronic administration”.

To summarize, the use of eRA in Portugal has then become possible (through the given Decree-Law above) both in open procedures, particularly in “Concursos Públicos” (open to competition), and in restricted procedures such as “Concursos Limitados por Prévia Qualificação” (a two-phase procedure with an open phase to competition and a restricted phase for short-listed candidates) or even in the case of restricted contracting mechanisms as Framework Agreements.

B. Adoption and use of electronic Reverse Auctions in the European Union and in Portugal

Despite the high emphasis that electronic public procurement (EPP) in general, and eRA in particular, have gained inside the European political agenda (mainly due to the pressures coming from the Lisbon Agenda, such as the market opening and transparency promotion principles and their externalities in the public sector), and notwithstanding the successive proposals of the European Ministerial e-government Conferences (mainly the 3rd in Manchester in November, 2005) [5], the policy impact evaluation of the adoption of these mechanisms, since 2004 (the year of the Directives), has been lacking depth.

The only relevant exercises that analysed the impact of the adoption of EPP and eRA, drawing conclusions as guidelines for further actions (and mostly in terms of metrics disregarding the effects), date back to 2010 and 2011. These studies conducted by the European Commission (EC) [6, 7], looked at the impact of the adoption on two levels: a macro European level and a micro Member States level. We will thus analyse these two scenarios focusing the latter in the Portuguese case.

At the European level, several policy impact analyses were conducted in order to understand the degree of achievements of the goals previously set forth, in terms of EPP and eRA. The results, such as the goal of having 50% of the total tenders being electronically conducted in 2010, would, however, be undervalued. These conclusions could be found in what came to be the “Green Paper on expanding the use of e-Procurement in the EU” [6], and also in the eRA examination made by the

European Commission in 2011 resulted, among other metrics, that “the use of e-auctions is equally infrequent (less than 1% in terms of number and volume of contracts awarded) [7]. In the case of the latter, a plenty of other measures would be presented to regenerate the upcoming Directives in the field of public procurement.

At the second level, focusing only on the Portuguese case, the analysis of EC found out that, given the status of compulsory orientations regarding the adoption and use of EPP brought into force by the aforementioned Decree-Law, the country was, however, a case study, referring to its good practices in terms of EPP [6]. No references were made to eRA at the country’s-level. On the other hand, none of the reports issued since 2010 [8, 9, 10, 11] by the “Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção, I.P.” (former INCI, I.P. as the National Authority that monitors the EPP ecosystem in the country) references the use of eRA within EPP activities in Portugal, which results in the total inexistence of official data on the subject.

As such, we conducted this study in order to analyse the national use of eRA in the period of time between 1st of January, 2013 and 8th of April, 2014. Instead of examining the effects/extension of the outcomes of this mechanism’s use in Portugal, we attempted to identify the use of eRA by the distribution of adopting CA, their organization and etymology, their contracts’ objects and type of purchase, the type of procedures that integrated an eRA, tenders’ prices and developing supporting technology, highlighting the most important findings, in terms of adoption of eRA inside the EPP activities in Portugal.

Having considered the introduction points above on the subject’s relevance we will thereafter elaborate on the literature review underlining a four dimensions model for eRA analysis and interpretation (Section II). This will lead us to the methodology that we used in data collection (Section III). Subsequently we will focus and discuss the results achieved (Section IV) conducting us to the paper’s conclusion (Section V).

II. LITERATURE REVIEW

The available literature suggests a focus upon four major dimensions regarding eRA analysis: (1) its **characteristics** [12, 13], (2) its **appropriateness** [14, 15, 16], (3) the **adoption of eRA and integration into organizations’ business processes** [17, 18, 19, 20] and (4) the **impacts/risks of the eRA** [21, 22, 23, 24]. The literature is also organized in accordance with the sector in which eRA are used: both the **public sector** [21, 25, 26] and **private sector**, the first deserving a bigger highlight in our study.

From those dimensions, D. Aloini, R. Dulmin and V. Mininno had already made reference in their study [12] to the first two and to the latter points, revealing a pattern in the eRA analysis and having also found two major scopes of investigation: (1) **conceptualization** [27, 28] and (2) **experimentation** through empirical research [29, 30].

The use of eRA - specifically the use by the public sector - is also receiving an increasing degree of attention, mostly due to the administrative modernization pressure that policies in

this field have brought into agencies (as seen above on both European and national level).

From multi-level legal adoptions and regulations through the needed answer to a higher demand of transparency and effective resource allocation issued by market operators [29] [31], political decisions around e-government and tools like eRA are becoming more expressive. This is due to a higher public scrutiny over the performance of the public sector [21, 25, 32], compelling the enhancement of the public interest reflection in the acquisitions conducted [33], which contributes to “an improvement in the relationship between administration, citizens and business (...)” [31].

In Portugal, besides the mentioned IMPIC’s reports [8, 9, 10, 11], A. Costa, A. Arantes, and L. Tavares have also drawn some conclusions through an empirical study [32] (composed by two surveys, the first in 2009 and the second in 2010) regarding the impact of EPP adoption by State’s Direct administration, Indirect Administration agencies and Municipal CA, bridging a primary input necessary to the evaluation of the field’s state-of-the-art.

III. METHODOLOGY

The present analysis was conducted through a data collection of mandatory tenders’ notices made by Portuguese CA in the II series, part “L”, of the electronic version of the Official Portuguese journal “Diário da República”¹ in the period between the 1st of January, 2013 up to the 8th of April, 2014. We analysed a total amount of 8,646 tender notices both of open and restricted procedures. Notices on deadline’s extensions and tenders’ rectifications were not considered. The data presented in the tables below was collected within the same source.

From the tenders’ universe above, we have identified 61 publications that integrated an eRA through the affirmative answer in field no. 3 “Informação adicional” (“additional information”) of their tenders to the question “É utilizado um Leilão Eletrónico:” (“It is used an eRA”).

IV. RESULTS AND DISCUSSION

A. Distribution of electronic Reverse Auctions per Contracting Authorities

From the conducted analysis we can conclude that the ranking of CA that made the greatest use of eRA, is led by several bodies with different Administration backgrounds and degrees of autonomy: from central government agencies, to municipalities, health entities, public institutes, state-owned companies, among others, as seen on Table 1.

TABLE I. LIST OF ISSUED ERA BY CONTRACTING AUTHORITY

Contracting Authority	No. of eRA	Distribution (%)
Serviços Partilhados do Ministério da Saúde, E. P. E.	24	39,3%
CMPEA - Empresa de Aguas do Município do Porto, E.M.	17	27,9%
Município de Lisboa	3	4,9%

¹ www.dre.pt

Contracting Authority	No. of eRA	Distribution (%)
AdP - Águas de Portugal, SGPS, S. A. e outros	2	3,3%
SUCH - Serviço de Utilização Comum dos Hospitais	2	3,3%
Entidade de Serviços Partilhados da Administração Pública, I. P.	2	3,3%
Other CA	11	18%
Total	61	100%

The CA that register a larger expression of use of the mechanism form a heterogeneous group, with regard to the sector of Public Administration they belong to, as well as to what their mission is.

B. Distribution of electronic Reverse Auctions per tenders' Common Procurement Vocabulary classification

On the other hand, in terms of classification of the tenders that included an eRA – given through the classification provided by the Common Procurement Vocabulary (CPV) framework – diversity and heterogeneity could also be found in terms of acquisition types and the purposes for which the tenders and eRA were developed: either tenders on services and/or supplies could be found among the sample of tenders that included an eRA (but not public works).

However, the most prominent set of eRA issued with CPV classification were on “Medical equipment, pharmaceuticals and personal care products” with 23 issued eRA, the CPV classification of “Telecommunications services” with 5 issued eRA, the CPV classification “Firefighting equipment” with 3 issued eRA and finally, in *ex-aequo*, the CPV classification of “Police cars”, CPV classification of “Instruments for measuring flow, level and pressure of liquids and gases” and the CPV classification “Pipeline, piping, pipes, casing, tubing and related items” with 2 issued eRA each.

C. Distribution of electronic Reverse Auctions per type of procedure

Regarding the use of eRA per type of procedure, we concluded that 59 out of the 61 tenders that included an eRA were developed under the “Concurso Público” type of procedure (a purely open procedure to competition), which corresponds to 97% of the analysed notices. The other 2 eRA were used on a “Concurso Público urgente” type of procedure (which is similar to the “Concurso Público” but with some special criteria since it has an urgent nature and it’s a faster type of procedure than the first) and another one of “Concurso Limitado por Prévia Qualificação” type of procedure (a two-phase procedure with an open phase to competition similar to “Concurso Público” and a restricted phase for short-listed candidates).

D. Distribution of electronic Reverse Auctions per geography of Contracting Authorities

In terms of geographic distribution of the CA that used eRA in their tenders, the data reveals a bipolarization between the metropolitan regions of Lisbon and Oporto, since 49 out of the 61 eRA (approximately 80%) were issued by CA that are based in these locations.

E. Distribution of electronic Reverse Auctions per price of tenders and per type of contract

In regard to the price of the tenders that integrated an eRA and in accordance to Fig. 1, it’s highlighted the fact that in the contract’ notices for the acquisition of **services (16 contract notices)** tenders’ average price was 1,693,709.66€ (ranging from a tender’s minimum price of 65€ up to a maximum registered price of 9,929,703€). On the other hand, in the contract’ notices corresponding to the acquisition of **supplies (43 contract notices)**, tender’s average price substantially decreased to 85,552.90€ (ranging from a tender’s minimum price of 17,671.50€ up to a maximum registered price of 876,450€, from which we disconsider bid prices of 1€ or 0€, that are only admissible under certain circumstances). The other two contract notices – also irrelevant for the analysis – were a special procedure for hiring out movable goods and the second was to award the right of space occupation.

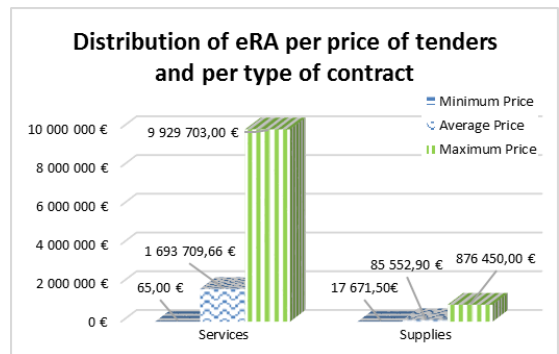


Figure 1. Distribution of eRA per price of tenders and per type of contract

F. Distribution of electronic Reverse Auctions average price per award criteria

When analysing the distribution of the average price of the procedures, from the point of view of the adopted award criteria, we found out that 50 contract notices (i.e. 82% of the contract notices that included an eRA) were published with “the lowest price” criteria. The second most used award criteria was “the most economically advantageous tender” that awarded 10 tenders (i.e. the equivalent to 16.4% of the total eRA). There was also one contract notice that had no information on the award criteria that would be used to award the contract. However, when analysing the distribution of the average tenders’ price per award criteria we have identified (Fig.2) that when “the most economically advantageous tender” was used, the average contract price was substantially higher – 2,347,756.52€ - than when “the lowest price” award criteria was used, registering the latter the average price of 100,785.62€.

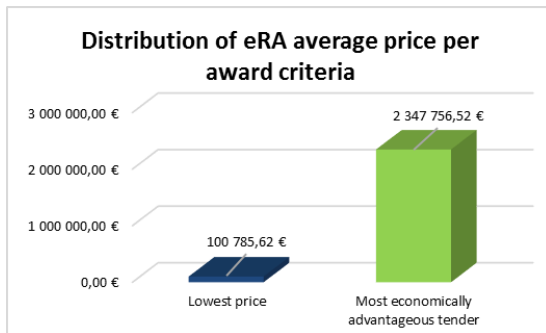


Figure 2. Distribution of eRA average price per award criteria

G. Distribution of electronic Reverse Auctions per technological platform used

In terms of the distribution of the analysed eRA per technological platform used, they were developed in accredited technologies – according to Portuguese regulations – or in a bundle of technologies. These platforms could or could not support the earlier and later stages of the electronic tender besides the eRA. They are generically speaking private-held platforms and public institutions use them to develop tenders' tasks.

Regarding the platforms where eRA took place, we've registered, in the examined period, that 19 eRA (i.e. 31,1%) were developed through the technological combination of the "Vortal" company's platform and the e-Catalogue platform of Portuguese Health Ministry, 15 eRA were led through the "Acingov" company's platform (i.e. 24,6%) and 18 eRA took exclusively place in "Vortal" company's platform (18%). The other 9 eRA took place in other accredited platforms.

V. CONCLUSIONS

The present study reveals that the use of eRA had a **residual use rate (0.7%)** in Portugal in the analysed universe, and over the period under analysis.

Bellow, we also emphasize the facts that arose from our statistical analysis over the published tenders, during the mentioned period:

- Heterogeneity was registered with regards to the Contracting Authorities that used eRA in Portugal, in terms of the Administration sector they belong to (either central government bodies, municipalities, health sector, water supply, shared services, infrastructures, etc.) and with respect to the missions they pursued;
- From the tenders that included an eRA, a plurality of contract's objects were identified for the acquisition of services and/or supplies. There were no public works contract notices in the sampled procedures that integrated an eRA;
- There was a geographical bipolarisation regarding the CA that made a greater use of eRA (from the point of

where they are based). Generically speaking, the majority of CA that issued at least one eRA were based in the metropolitan areas of Lisbon or Oporto;

- There is a substantial distinction in the average price of tenders depending on the type of contracts to be awarded (either for the acquisition of services or supplies);
- 82% of the published "Concursos Públicos" that integrated an eRA made use of "the lowest price" as award criteria, even knowing that when it comes to the tenders that made use of "the most economically advantageous tender" as award criteria, the average price is significantly higher.
- 25% of the tenders that integrated an eRA were issued for the acquisition of services.
- In terms of technology (platforms) that supported the eRA development, we found out that this negotiation moments were distributed across the most relevant *softwares* available in the Portuguese market.

In short, the use of eRA in Portugal for the analysed period was consistent with the data presented by the European Commission in 2011, which stated that less than 1% of international open tenders in European Union made use of an eRA [7], pointing out to our calculated value of 0.7%.

However, according to the "Contratação Pública em Portugal 2013" report [11] (which stands for "Public Procurement in Portugal 2013", for the year of 2013, issued by IMPIC, I.P.) the Portuguese public procurement ecosystem, in that year, awarded contracts of an approximate total amount of 4,153 million euros (which corresponds to 1,568.86 million euros awarded through the open procedure of "Concurso Público", 174.67 million euros through the two-phase procedure explained above "Concurso Limitado por Prévia Qualificação" and, the largest share, 2,037.65 million euros through the procedure of "Ajuste Directo" (a restricted procedure with limited or no competition) and the remaining through other procedure types [11].

So, if it's true that the total volume of the Portuguese public procurement ecosystem in 2013 accounted for about 2.5% of the total volume of the Portuguese Gross Domestic Product (GPD), it is also true that in the same year, according to the same source, [11] nearly 1,05 p.p. of those 2.5% of the GPD met the legal conditions for integrating an Electronic Reverse Auction in its development (which refers to the cumulative amount of "Concursos Públicos" and "Concursos Limitados por Prévia Qualificação" where eRA could actually be used).

However, the largest mentioned share of this amount – around 1.23 p.p. (of the 2.5%) of the GDP coming from the awards through the "Ajuste Directo" procedure – could not use this negotiation mechanism under the legal impossibility that the national regulations ("Código dos Contratos Públicos" in its article 118) imposes if there is a negotiation phase to be included. Instead, a traditional negotiation should take place. Further research should be done to reflect on the possible extension of this technological negotiation mechanism to procedures where competition is restricted, given the

forementioned benefits and externalities, particularly in the case of “Ajuste Directo” in Portugal.

REFERENCES

- [1] Directive 2004/17/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 coordinating the procurement procedures of entities operating in the water, energy, transport and postal services sectors
- [2] Directive 2004/18/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on the coordination of procedures for the award of public works contracts, public supply contracts and public service contracts
- [3] Decree-Law no. 18/2008 of January, 29 in its revision by the Decree-Law no. 278/2009 of October, 2 and Decree-Law no. 149/2012 of July, 12 that approves the Portuguese Code of Public Procurement (Código dos Contratos Públicos)
- [4] J. Silva, “Código dos Contratos Públicos comentado e anotado”, 3rd edition, Portugal, Ed. Almedina, 2010, pp. 475-476
- [5] Swedish Presidency of the Council of the European Union (2009, November 18). *Ministerial Declaration on e-government, Rec. of the 5th Ministerial e-government Conf.* [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-agenda/sites/digital-agenda/files/ministerial-declaration-on-egovernment-malmo.pdf>
- [6] European Commission. (2010, October 18). *Green Paper on expanding the use of e-Procurement in the EU* [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0571:FIN:EN:PDF>
- [7] European Commission. (2011, June 27). *Evaluation Report – Impact and Effectiveness of EU Public Procurement Legislation Part 1* [Online]. Available: http://ec.europa.eu/internal_market/publicprocurement/docs/modernising_rules/er853_1_en.pdf
- [8] Instituto da Construção e do Imobiliário, I.P. (InCI)/MOPTC. (2011, January 27). *Contratação Pública em Portugal Relatório Síntese 2010* [Online]. Available: http://www.base.gov.pt/mediaRep/inci/files/base_docs/Rel_Contr_Publ_2010.pdf
- [9] A. Pais, P. Ministro. (2012, December). *Contratação Pública em Portugal 2011* [Online]. Available: http://www.inci.pt/Portugues/inci/EstudosRelatoriosSectoriais/EstudosRelatorios%20Sectoriais/RelContr_Pub_2011_final.pdf
- [10] A. Pais, P. Ministro, P. (2014, March). *Contratação Pública em Portugal 2012* [Online]. Available: http://www.inci.pt/Portugues/inci/EstudosRelatoriosSectoriais/EstudosRelatorios%20Sectoriais/Rel_Anuar_Contratos_Publicos_2012.pdf
- [11] C. Roriz, P. Ministro. (2015, January). *Contratação Pública em Portugal 2013* [Online]. Available: http://www.base.gov.pt/mediaRep/inci/files/base_docs/RelContratosPublicos_2013.pdf
- [12] D. Aloini, R. Dulmin, V. Mininno, “E-reverse auction design: critical variables in a B2B context”, *Journal of Business Process Management*, vol. 18, no. 2, pp. 219-249, 2012
- [13] T. Schoenherr, V. Mabert, “Online reverse auctions: Common myths versus evolving reality”, *Business Horizons*, 50, 2007, pp. 373-384
- [14] S. Jap, S., “Online Reverse Auctions - issues, themes and prospects for the future”, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 30, no. 4., 2002, pp. 506-525
- [15] S. Kumar, M. Maher, “Are the temptations of online reverse auctions appropriate for your business”, *Supply Chain Management: An International Journal*, 13/4, 2008, pp. 304-316
- [16] S. M. Wagner, A. P. Schwab, “Setting the stage for successful electronic reverse auctions”, *Journal of Purchasing & Supply Management*, 10, 2004, pp. 11-26
- [17] J. L. Hartley, M. D. Lane, E. A. Duplaga, “Exploring the barriers to the adoption of e-auctions for sourcing”, *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 26, no. 2, 2006, pp. 202-221
- [18] J. F. Kros, S. S. Nadler, H. Chen, “The adoption and utilization of online auctions by supply chain managers”, *Transportation Research, Part E*, 47, 2011, pp. 105-114
- [19] D. Pearcey, L. Giunipero, A. Wilson, “A model of relational governance in reverse auctions”, *The Journal of Supply Chain Management: A Global Review of Purchasing and Supply*, Winter 2007, pp.4-15
- [20] S. Standing, C. Standing, P. Love, D. Gengatharen, “How organizing visions influence the adoption and use of reverse auctions”, *Electron Commer Res*, 13, 2013, pp. 493-511
- [21] S. Croom, A. Brandon-Jones, “Impact of eProcurement: Experiences from implementation in the UK public sector”, *Journal of Purchasing & Supply Management*, 13, 2007, pp. 294-303
- [22] M. Emiliani, C. Giampietro, “Coercion and reverse auctions”, *Supply Chain Management: An International Journal*, 12/2, 2007, pp. 75-84
- [23] J. Nakabayashi, “Small business set-asides in procurement auctions - an empirical analysis”, *Journal of Public Economics*, 100, 2013, pp. 28-44
- [24] L. Smeltzer, A. Carr, “Electronic reverse auctions - Promises, risks and conditions for success”, *Industrial Marketing Management*, 32, 2003, pp. 481-488
- [25] G. Oruezabala, J. Rico, “The impact of sustainable public procurement on supplier management”, *Industrial Marketing Management*, 41, 2012, pp. 573-580
- [26] M. Shalev, S. Asbjornsen, “Electronic Reverse Auctions and the public sector - factors of success”, *Journal of Public Procurement*, Volume 10, Issue 3, Fall 2010, pp. 428-452
- [27] S. Kumar, C. Chang, “Reverse Auctions - how much total supply chain cost savings are there - a conceptual overview”, *Journal of Revenue and Pricing Management*, vol. 6, 2, 2007, pp. 77-85
- [28] J. Teich, H. Wallenius, J. Wallenius, O. Koppius, “Emerging Multiple issue e-auctions”, *European Journal of Operational Research*, 159,2004, pp. 1-16
- [29] T. Hawkins, M. Gravier, C. Wittmann, “Enhancing reverse auction use theory an exploratory study”, *Supply Chain Management: An International Journal* 15/1, 2010, pp. 21-42
- [30] R. Tassabehji, W.A. Taylor, R. Beach, A. Wood, “Reverse e-auctions and supplier-buyer relationships an exploratory study”, *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 26, no. 2, 2006, pp.166-184
- [31] E. Lopes, L. Portugal, “Estratégias de e-procurement na Administração Pública - uma revisão da literatura”, *Proceedings of the 1st Iberian Conference on Information Systems and Technologies, Ofir*, vol. 1, 2006 pp. 439-454
- [32] A. Costa, A. Arantes, L. Tavares, “Evidence of the impacts of public eProcurement: The Portuguese experience”, *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 19, Issue 4, December 2013, pp. 238-246
- [33] Rasheed in K. Vaidya, A.S.M. Sajeev, G. Callender, “Critical Factors that influence eProcurement implementation success in the public sector”, *Journal Of Public Procurement*, Vol. 6, Issues 1 & 3, pp. 70-99

Portfolios para la evaluación de los resultados del aprendizaje en entornos de e-learning

Portfolio assessment to evaluate outcomes of learning in the e-learning environment

Lucila Romero

Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas
Universidad Nacional del Litoral
Santa Fe, Argentina
e-mail: lucila.rb@gmail.com

Milagros Gutierrez and Ma. Laura Caliusco

CIDISI Research Center
UTN - Facultad Regional Santa Fe
Santa Fe, Argentina
e-mail: {mmgutier, mcaliusc}@frsf.utn.edu.ar

I. INTRODUCCIÓN

Resumo — Durante las últimas décadas se ha notado un crecimiento importante del uso de la educación a distancia mediada por tecnologías (e-learning) como una herramienta que permite a las instituciones llegar a más estudiantes sin límites geográficos. Estudios recientes han demostrado que la evaluación constante favorece positivamente este tipo de enseñanza, generando un grado de satisfacción en los usuarios de estas tecnologías. Las evaluaciones más ampliamente usadas en este contexto son las pruebas objetivas, principalmente las pruebas de opción simple o múltiples. Sin embargo éstas no son suficientes para evaluar los distintos niveles de conocimiento que se plantean como objetivos (por ejemplo los niveles indicados en la taxonomía de Bloom). Ante esto, es necesario poder contar con herramientas que permitan realizar diferentes tipos de evaluaciones. En este trabajo se presenta una propuesta para implementar portfolios en entornos de e-learning. La misma consiste en un modelo semántico que describe una herramienta que da soporte a la generación, administración y realización de portfolios.

PalabrasClave – e-learning; portfolio; evaluación; red de ontologías;

Abstract — In recent decades there has been a significant growth in the use of e-learning as a tool that allows institutions to reach more students with no geographical limitation. Recent research results have shown that constant assessment positively encourages this type of education, generating satisfaction in users of these technologies. The tool most widely used in this context for assessment are objective tests, particularly the tests single or multiple choice. But these are not sufficient to evaluate the different knowledge levels that arise as targets (like the levels in Bloom's taxonomy). Given this, it is necessary to have tools that allow for different types of assessment. This paper presents a proposal to implement portfolios assessment in e-learning environments. It consists of a semantic model that describes a tool to the creation, administration and performance of portfolios.

Keywords—e-learning; portfolio; assessment; ontology network.

En el contexto de la educación moderna, es inevitable reconocer el crecimiento que tuvo la educación a distancia mediada por tecnologías, conocida por su palabra en inglés e-learning. Uno de los principales factores que influyen el éxito de programas de e-learning es la evaluación continua del alumno [1]. En este sentido, está demostrado que si el alumno se siente evaluado, y en contacto continuo con sus profesores, alienta al mismo a continuar aprendiendo. El uso de diferentes métodos de evaluación en un sistema de e-learning hace que los estudiantes establezcan una conexión con sus profesores, y esto a su vez ayuda a asegurar que sus esfuerzos de aprendizaje se evalúan correctamente [1, 2].

Por lo tanto, es importante definir en estos entornos de aprendizajes, el cómo y cuándo evaluar sin dejar de lado también qué herramientas utilizar para realizar dicha acción. Si bien los portfolios son herramientas utilizadas para el aprendizaje, cuando éstos tienen como principal propósito la evaluación de los resultados del aprendizaje son referenciados como portfolios para la evaluación (portfolio assessment) [3]. En trabajos anteriores se ha presentado una red de ontologías que es el marco conceptual de una herramienta semántica para la implementación de diferentes técnicas de evaluación a ser utilizadas en entornos de e-learning [4]. Siguiendo con este trabajo, se presenta la definición de e-portfolios como herramienta para evaluar el aprendizaje. Según la definición dada por Lorenzo elTelson [5], un ePortfolio es una colección digitalizada de artefactos que incluye demostraciones, comentario, recursos y resultados que representan a un individuo, grupo o institución.

Usar e-portfolio como herramienta para evaluar al estudiante es ampliamente usado y tiene la ventaja de poder incluir como elementos de evaluación diferentes tipos de pruebas que permitan medir el aprendizaje del alumno en los diferentes niveles, incluyendo pruebas objetivas, ensayos, mapas conceptuales entre otras.

El e-portfolio debe ser particular por cada alumno, en este sentido se siente comprometido a armar su propio portfolio con

la guía de su docente, contribuyendo a una auto-regulación del aprendizaje. De esta manera, esta herramienta estimula el trabajo activo del estudiante y ayuda a desarrollar un pensamiento reflexivo. Es importante que el docente establezca cuales deben ser los criterios a seguir para armar dicho portfolio. Estos instrumentos, se consideran fundamentales para lograr un conocimiento duradero. El desafío principal de utilizar portfolios en entornos de e-learning es el de permitir la personalización del mismo a la vez que se mantiene la pertenencia a la institución que ofrece el curso [6]. En el ambiente de e-learning, el docente propondrá un conjunto de evaluaciones que podrán ser seleccionadas por los alumnos de acuerdo al nivel de aprendizaje que se quiera evaluar y al tipo de evaluación, sea esta una autoevaluación, una evaluación del profesor al alumno (hetero – evaluación) o una evaluación entre pares, por ejemplo entre alumnos.

En este trabajo se propone el uso de tecnología semántica tales como las ontologías, para definir un modelo de e-portfolio que sea personalizable y que a la vez tenga sistematizada un conjunto de reglas que favorezca al alumno a tomar decisiones a la hora de la personalización. Estas reglas forman parte de un sistema experto que codifica las sugerencias del docente.

Este trabajo está organizado como sigue. En la sección II se presenta el marco teórico que sirve de referencia para entender el trabajo que se presenta. En la sección III se describe la ontología desarrollada para conceptualizar el e-portfolio y su relación dentro de la red AONet. Seguido se presenta un caso de estudio. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

II. MARCO TEÓRICO

Este trabajo es la continuación de trabajos que se vienen realizando en el área. Se presenta en esta sección la red de ontologías de la cual se desprende este trabajo particular.

A. AONet

AONet es el nombre que se le dio a una red de ontologías que es la base de una herramienta para la generación semi-automática de evaluaciones en contextos de e-learning [4]. Una red de ontologías es un conjunto de ontologías relacionadas a través de diferentes meta-relaciones [7].

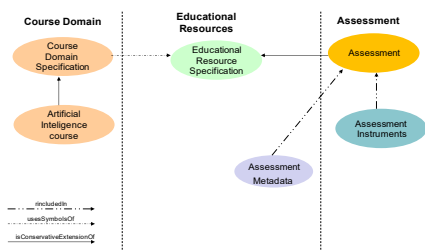


Figure 1. Red de ontologías AONet

Esta red, que se presenta en la figura 1, fue propuesta con tres áreas que identifican los dominios relacionados a las evaluaciones: *CourseDomain* conceptualiza el dominio de los cursos que se dictan en una estructura de e-learning. *EducationalResources* identifica el material utilizado para el proceso enseñanza-aprendizaje. Finalmente el dominio

Assessment abarca los conceptos necesarios para representar evaluaciones en entornos de e-learning. Para su construcción se utilizó la metodología NEON [8]. La misma propone un ciclo iterativo e incremental en la definición de las ontologías. Siguiendo con este proceso, en este trabajo se presenta una nueva iteración conteniendo nuevos dominios y ontologías extendidas.

La figura 2 muestra la nueva red que fue reformulada para incluir el concepto de *portfolio* como un recurso educativo. También se agregó un nuevo dominio llamado *Agent* que representa los actores involucrados. Esto fue necesario dado que los mismos pueden jugar diferentes roles y de esa manera relacionarse con conceptos de otros dominios. En la columna correspondiente al dominio *EducationalResources* se agrega el concepto de *Portfolio*.

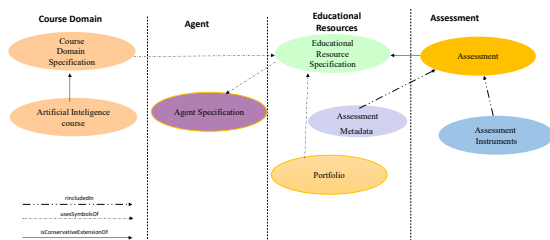


Figure 2. Red de ontologías AONet modificada

En la sección III se explicita los conceptos agregados a la red.

B. El dominio de e-portfolio para la evaluación

Lose-portfolios son ampliamente usados en el ámbito de instituciones educativas como una herramienta valiosa para el aprendizaje continuo, no sólo para carreras ofrecidas en educación a distancia sino también para las carreras presenciales. En los últimos años se han desarrollado una gran cantidad de sistemas de e-portfolios como puede observarse en [9]. Utilizando diferentes tecnologías, ofrecen al estudiante y al docente la posibilidad de crear sus propios portfolios que personalizansus avances en la carrera. Muchos de estas herramientas están integradas en sistemas de administración de educación (conocidos por su sigla en inglés LMS learningmanagementsystem), ofreciendo diferentes funcionalidades. Algunas permiten que la institución tenga el control sobre estos sistemas de manera de mantener la imagen, otros fallan en brindar funcionalidades de redes sociales necesarias en esta era. Las dificultades en la implementación de estas tecnologías persisten debido principalmente a las habilidades técnicas y didácticas que se espera tengan los docentes.

En [23] se presenta la utilización de ontologías livianas para el modelo de e-portfolios asociando ésta a la perspectiva social del alumno. Para ello considera otras ontologías conocidas en las redes sociales.

Principalmenteun e-portfolio contendrá lecturas, discusiones, evaluaciones, comentarios de profesores, actividades, y demás recursos educativos que el profesor ofrezca a sus alumnos en el dictado de un curso. Estos e-

portfolios le pertenecen a un individuo particular y generalmente no son compartidos. En algunos casos, los portfolios de los alumnos pueden ser supervisados por los profesores o personal de la institución con fines administrativos del curso. El docente podrá tener su propio portfolio donde colecciona el material a ofrecer al alumno, éstos pueden estar identificados como obligatorios y optativo. También el docente deberá indicar cuál es el nivel de conocimiento que espera alcance el alumno, lo cual es considerado como la meta que el docente establece.

Uno de los principales propósitos de usar e-portfolio es permitir la evaluación de los aprendizajes, teniendo la posibilidad de evaluar individualmente la forma en que cada estudiante aprende [19].

III. PORTFOLIO PARA LA EVALUACIÓN

La ontología *Portfolio* se muestra en la figura 3. En la misma se visualiza el concepto principal: *Portfolio*, y se identifican dos subtipos: *LearnerPortfolio* o portfolio del estudiante y el *TeacherPortfolio* o portfolio del docente. El concepto *LearnerPortfolio* tiene un subtipo que es el *PortfolioAssessment*.

Un portfolio puede contener artefactos creados por el alumno, soluciones a los problemas resueltos, reflexiones sobre objetos o soluciones, descripciones o soluciones de los artefactos y reflexiones de compañeros o profesores que forma la retroalimentación [16],[17]. En la ontología, el concepto *Portfolio* está relacionado con el concepto *Artifact* a través de la relación *hasEntry*. Un artefacto es un recurso educativo, situación expresada mediante la relación de herencia modelada entre el concepto *Artifact* y el concepto *EducationalResource* perteneciente a la ontología *EducationalResourceSpecification*, la cual modela todos los recursos educativos utilizados en el proceso de enseñanza aprendizaje como por ejemplo libros, apuntes de cátedra, presentaciones, videos, etc. Esta ontología no se muestra dado que está fuera del alcance de este trabajo. Los elementos que componen un portfolio pueden tener distintos niveles de obligatoriedad, representado con el concepto *MandatoryLevel* el cual se subclasifica en *Optional* y *Core*. Un artefacto que tenga un nivel asociado *Optional* podrá o no ser seleccionado para integrar el portfolio del estudiante, pero uno que tenga asociado el nivel *Core* necesariamente debe estar incluido en el portfolio del alumno.

Un portfolio de evaluaciones debe tener contenido y organización [17]. La organización de un portfolio puede ser prescrita por el docente o diseñada por el alumno [17], [18]. El concepto *Portfolio* se relaciona con el concepto *Organization* a través de la relación *hasOrganization* y este a su vez, se vincula con el concepto *Agent* que representa los diferentes agentes o actores que pueden intervenir en la organización como es el estudiante y el profesor (modelados como *Learner* y *Educator* respectivamente). La organización de un portfolio principalmente establece las relaciones que deben existir entre los elementos que forman el portfolio. Así por ejemplo existirán relaciones temporales que identifiquen en qué orden deben ser accedidos los elementos. Para este tipo de relación se propuso usar las relaciones temporales definidas por Allen [22]: *Before*, *after*, *during*, *meets*, *overlaps*, *starts* y *finishes*. Para ello también se propone en la ontología el concepto de

característica representado por *Feature* el cual representa el momento en que ese recurso educativo fue agregado al portfolio del alumno y momento en que fue resuelto o accedido.

Un portfolio de evaluaciones pertenece a un alumno y es supervisado por un profesor. Esto está expresado en la ontología a través de las relaciones *ownedBy*, que lo relaciona con el concepto *Learner*, y *supervisedBy* que lo relaciona con el concepto *Educator*. Estas relaciones se presentan en el caso del *LearnerPortfolio*. En el caso del subtipo *TeacherPortfolio* se presenta solamente la relación de *ownedBy* con el concepto *Educator* ya que un portfolio de un profesor le pertenece a un docente.

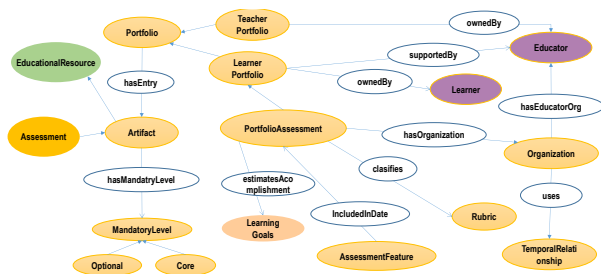


Figure 3. Ontología Portfolio Assessment

El *PortfolioAssessment* permite al profesor responsable del proceso de enseñanza aprendizaje determinar si los objetivos de enseñanza son alcanzados [13]. A través del concepto *LearningGoal*, el profesor establece las metas que el alumno debe alcanzar con el aprendizaje. Cada una de estas metas estará asociadas a elementos del Portfolio del alumno.

Un *PortfolioAssessment* se espera que contenga elementos del tipo *assessment* por lo tanto se estable la restricción a través de la regla lógica mostrada en la ecuación (1).

$$\forall \text{partOf Portfolio. PortfolioAssessment} \sqsubseteq \text{Assessment} \quad (1)$$

La ontología que describe las evaluaciones se muestra en la figura 4. Se representan distintos tipos de evaluaciones de acuerdo a los agentes que intervienen. Así se definen tres tipos de evaluaciones [10]: (a) *SelfAssessment* o autoevaluaciones que permiten que los alumnos reflexionen críticamente sobre su propio progreso y hasta sugerir sus propias calificaciones sin desligar al profesor de sus calificaciones finales formales, (b) *PeerAssessment* que permiten que los alumnos reflexionen críticamente y que posiblemente sugieran calificaciones, sobre el aprendizaje de sus pares. Y (c) *HeteroAssessment* que posibilitan la evaluación tradicional de un docente a uno o más alumnos. Estas relaciones se encuentran modeladas en la figura 4 donde se aprecian los vínculos del concepto *Assessment* con los diferentes agentes (concepto *Agent*) a través de la relación *hasAgent*. Por ejemplo, el concepto *PeerAssessment* está relacionado con el concepto *Learner* con las relaciones *hasEvaluator* y *hasAssessed* dado que una instancia del concepto *PeerAssessment* se va a relacionar con la misma instancia del concepto *Learner*, ya que el mismo alumno es el que oficia de evaluador y de evaluado.

Como se comentó en el apartado II, se espera que un portfolio utilizado para la evaluación del alumno tenga autoevaluaciones. En el modelo que se presenta, se estableció esta restricción lógica a través de la ecuación (2).

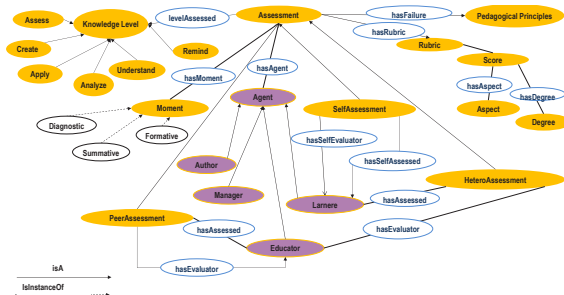


Figure 4. Ontología Assessment

$$\text{Portfolio} \sqcap \exists \text{hasEntry.SelfAssessment} \quad (2)$$

El vínculo de un *PortfolioAssessment* con la clase *Assessment* permite, también incluir en un portfolio diferentes momentos en el proceso de la evaluación [11] [14] [15]: (a) evaluaciones formativas (concepto *Formative*), cuando se desea averiguar si los objetivos de aprendizaje están siendo alcanzados, y lo que es preciso hacer para mejorar el desempeño de los alumnos. El momento de una evaluación formativa es durante el proceso de enseñanza. El propósito de este tipo de evaluación es tomar decisiones respecto a las alternativas de acción y dirección que se van presentando conforme se avanza en el proceso de enseñanza aprendizaje. Se desempeña a lo largo de todo el curso y su cometido es apoyar al alumno en su proceso de aprendizaje, al señalarle deficiencias y errores, (b) evaluaciones Sumativas (concepto *Sumative*) para designar la forma de evaluación mediante la cual se mide y juzga el aprendizaje con el fin de certificarlo, asignar calificaciones o determinar promociones. El momento de este tipo de evaluaciones es finalizado el proceso de aprendizaje, es de vital importancia para los educadores conocer si los objetivos de enseñanza planteados al inicio del proceso han sido cumplidos y en qué medida; y (c) valuaciones diagnósticas (concepto *Diagnostic*), donde la evaluación es temprana en el proceso de enseñanza y su objetivo es determinar el nivel de conocimiento de un estudiante antes de iniciar el proceso de aprendizaje para permitir la regulación y adaptación de acuerdo a los resultados [12]. Todos estos conceptos están vinculadas con el concepto *Assessment* a través de la relación *hasMoment*.

Cada *portfolioAssessment* tiene su rúbrica, criterios o estándares asociados con su objetivo de aprendizaje. Esto se encuentra expresado por la relación *hasRubric* entre el concepto *PortfolioAssessment* y el concepto *Rubric*.

En cuanto al nivel de conocimiento que se espera alcance el alumno, se utilizó la taxonomía de Bloom revisada [20, 21] para reflejar los mismos. El concepto *KnowledgeLevel* representa estos niveles de conocimiento los cuales estarán asociados a las metas que el profesor establezca deban ser alcanzadas. AONet define un conjunto de instrumentos que pueden ser utilizados en la definición de evaluaciones y de esta manera alcanzar los distintos niveles de conocimiento. Este trabajo fue presentado en [4].

IV. CASO DE ESTUDIO

Para una mejor comprensión de la propuesta se presenta un caso de estudio con instancias que corresponden a casos reales de asignaturas de la carrera de Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe.

Para continuar la implementación de AONet con la incorporación de Portfolios para evaluaciones, se incorporaron nuevas relaciones que vinculan conceptos pertenecientes a diferentes ontologías de la red.

A. Implementación de metarelaciones

En la figura 5 se observan las relaciones establecidas e implementadas para la integración de las ontologías que componen la red. Como se expresara anteriormente, se relacionó el concepto *PortfolioAssessment* con el concepto *Learner* a través de la relación *ownedBy* y con el concepto *Educator* a través de la relación *supervisedBy* (*Learner* y *Educator* son conceptos de la ontología *Agent*). También se relacionó el concepto *PortfolioAssessment* con el concepto *LearnerGoal* ya que un portfolio de evaluaciones permite estimar el cumplimiento de los objetivos de enseñanza propuestos en el plan de estudios de la asignatura.

Se relacionó el concepto *Assessment* como especialización del concepto *EducationalResource*. El concepto *Assessment* se relaciona con el concepto *AssessmentMetadata* a través de la relación *isDescribedBy*, expresando que una evaluación se describe a través de los metadatos correspondientes. En la práctica también se encuentra implementada la relación inversa denominada *describes*, que expresa que los metadatos modelados en la clase *AssessmentMetadata* describen a las evaluaciones de la clase *Assessment*.

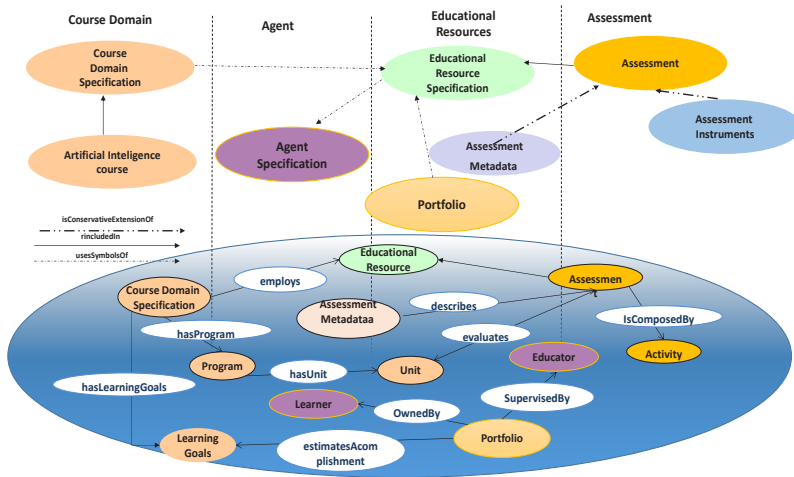


Figure 5. Implementación de AONet

B. Instanciación de AONet

En la figura 6 se observan algunas de las instancias de AONet utilizadas para ejemplificar la implementación de portfolios para la evaluación, correspondiente al curso mencionado anteriormente.

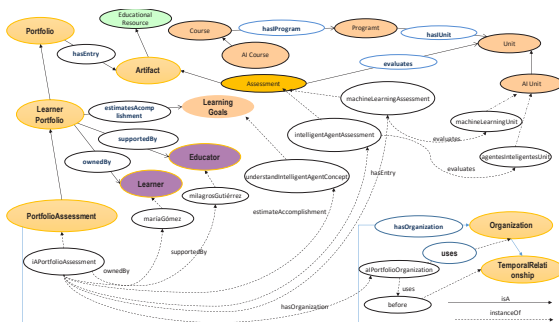


Figure 6. Caso de estudio asignatura Artificial Intelligence UTN FRSP

En la figura 6 se puede apreciar la asignatura *Inteligencia Artificial* (concepto *AICourse*) que posee unidades representadas por las instancias *machineLearningUnit* e *intelligentAgentUnit* (vínculos expresados a través de la relación *hasUnit*). *MachineLearningAssessment* e *IntelligentAgentAssessment* son instancias del concepto *Assessment*. La primera permite evaluar la unidad *machineLearningUnit* del curso *AICourse* y la segunda permite evaluar la unidad *intelligentAgentUnit*.

AIPortfolioAssessment es un portfolio de evaluaciones (instanciado en la clase correspondiente) que pertenece a la alumna María Gómez (instancia *mariaGomez* de la clase *Learner*) y que es supervisado por la profesora responsable de la materia Milagros Gutiérrez (instancia *milagrosGutierrez* del concepto *Educator*), situación expresadas a través de las relaciones *ownedBy* y *supervisedBy*.

AIPortfolioAssessment contiene a las evaluaciones *machineLearningUnit* y *intelligentAgentUnit*. Esta situación se expresa a través de la relación *hasEntry* que vincula la instancia de *AIPortfolioAssessment* con las instancias del concepto evaluación mencionadas.

AIPortfolioAssessment tiene una organización (instancia *AIPortfolioOrganization*) que utiliza la instancia *before* del concepto *TemporalRelationship* para indicar que en el portfolio de evaluaciones mencionado *machineLearningUnit* debe resolverse antes que la evaluación *intelligentAgentUnit*.

También se puede establecer que *AIPortfolioAssessment* permite establecer objetivos de aprendizaje como la comprensión del concepto de Agente Inteligente. Esta situación se expresa a través de la relación *estimateAccomplishment* con la instancia *understandIntelligentAgentConcept* del concepto *LearningGoal*.

El ejemplo presentado, permite validar la ontología presentada desde el punto de vista de su cobertura, es decir, como un instrumento apropiado para expresar los conceptos necesarios y las relaciones entre los mismos para definir portfolios. Esta ontología es el marco conceptual sobre el cual construir una herramienta que tenga las funcionalidades necesarias para la gestión de portfolios. Una de las ventajas que inmediatamente surgen al considerar herramientas basadas en ontologías es la representación de conocimiento. Una diferencia fundamental entre generar conocimiento y generar datos, es que el conocimiento puede ser utilizado por agentes para aprender, inferir nuevo conocimiento y comunicarse con otros agentes. De esta manera, una herramienta basada en ontologías ofrecerá servicios de guía y aportará recomendaciones que pueden ser muy útiles para el usuario. De esta manera, esta herramienta puede guiar al estudiante en el orden en que es necesario ir incorporando los conceptos de una determinada materia, o guiar o aconsejar al docente sobre la falta de evaluaciones para una determinada unidad o en un determinado momento. También puede ofrecer servicios de

búsqueda y recuperación de material educativo en forma más eficiente. En resumen, las ontologías al describir el dominio en forma de conocimiento, permiten tratar la información desde un punto de vista semántico dando como resultado herramientas inteligentes.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta una ontología para la formalización de portfolios para la evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje en ambientes de e-learning. Esta ontología forma parte de una red de ontologías más compleja que modela las diferentes áreas de interés a ser consideradas en el dominio de las evaluaciones en la educación mediadas por tecnologías. El beneficio de trabajar en una red de ontologías está representado por la organización modular de los dominios involucrados en el desarrollo que facilita el trabajo colaborativo.

Como una continuación de trabajos anteriores, este aporte permite dar un paso más incorporando el concepto de portfolios como una herramienta valiosa para evaluar los aprendizajes considerando aspectos claves en la formalización de estos técnicas, como por ejemplo actores intervinientes, niveles de conocimiento a evaluar, instrumentos a utilizar, metas a alcanzar, etc.

A través de reglas lógicas se definieron restricciones en el modelado de estos conceptos. También se utilizaron reglas para representar aspectos pedagógicos que si bien, no restringen el modelo, pueden ser utilizados como guía para los docentes que utilizan estas herramientas para evaluar a sus alumnos y mejorar el proceso de enseñanza en general. Estas reglas pedagógicas forman parte del objetivo propuesto en la formalización del dominio. Es decir, no se busca solamente presentar una nueva ontología sino que se pretende con este trabajo contribuir a la construcción de herramientas que den soporte a los docentes en su actividad diaria brindando recomendaciones basadas en conocimiento experto y mejorando, de esta manera, la calidad del proceso de enseñanza en su globalidad. Como trabajo futuro queda por incorporar esta nueva ontología a una herramienta que se está desarrollando para la generación semi-automática de evaluaciones como fue presentado en [4].

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe y a la Universidad Nacional del Litoral Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas por su contribución en el soporte de estas investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] P.C. Sun, R.J. Tsai, G. Finger, Y.Y. Chen and D. Yeh, "What drives a successful e-learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction", in *Computers and education*, Elsevier, 2008, pp.1183 – 1202

[2] M. Zlatovic, I. Balaban and D. Kemek, "Using online assessments t stimulate learning strategies and achievement of learning goals" *Computers and education*, Elsevier, 91, 2015, pp. 32-45.

[3] C. Chang, K.H. Tseng and S.J. Lou, "A comparative analysis of the consistency and difference among teacher-assessment, student self-assessment and peer-assessment in a web-based portfolio assessment environment for high school students" *Computers & Education* 58, 2012, pp. 303-320.

[4] Romero, L., North, M., Gutiérrez, M., Caliusco, L.: Pedagogically-driven ontology network for conceptualizing the e-learning assessment domain. *Journal of educational technology and society* IF: 1.34. 18(4) p.312-330. ISSN 1436-4522 (on-line), 1176-3647 (print). 2015. <http://www.ifets.info/issues.php?show=current>

[5] G. Lorenzo and J. Ittelson, "An overview of ePortfolios" *Educause Learning Initiative Paper* 1, 2005.

[6] H. Barret, "Online Personal Learning Environments: Structuring Electronic Portfolios to Support Lifelong and Life Wide Learning", conference of the society for information technology and teacher education, Las Vegas. 2008.

[7] Allocca, C., D'Aquin, M., and Motta, E. "DOOR-towards a formalization of ontology relations". *Proc. Int. Conference on Knowledge Engineering and Ontology Development*, 2009, pp 13-20.

[8] Suárez-Figueroa, M. C. " NeOn Methodology for Building Ontology Networks: Specification, Scheduling and Reuse ". Thesis Doctoral, Facultad de Informática - Universidad Politécnica de Madrid. 2010.

[9] EPAC ePortfolio-related Tools and Technologies <http://epac.pbworks.com/w/page/12559686/Evolving%20List%2%A0of%2%A0ePortfolio-related%2%A0Tools> [accedido, 16/02/2016]

[10] Roberts, T. S. (Ed.). (2006). *Self, peer and group assessment in e-learning*. IGI Global.

[11] Castillo, R. Q. (2006). Evaluación del aprendizaje en la educación a distancia "en línea". RED. *Revista de Educación a Distancia*, (0VI).

[12] Bolívar C.. "Pruebas de rendimiento académico" Technical report. Programa interinstitucional doctorado en educación. 2011.

[13] Scherba de Valenzuela, J. (2002, July 30). Defining portfolio assessment. The University of New Mexico. Retrieved from <http://www.unm.edu/~devalenz/handouts/portfolio.html>

[14] Monteiro, M. Lobato Miranda, G. "Validation of the Electronic Portfolio Student Perspective Instrument. Sistemas y Tecnologías de Informacion". *Actas de la 7ma Conferencia Ibérica de Información*. Madrid, España. 20 al 23 de junio 2012. Vol. I. Tomo 1. Alvaro Rocha, José A. Calvo-Manzano, Luis Paulo Reis, Manuel Pérez Cota Editores. ISBN 978-989-96247-6-4.

[15] Ramirez Vega A., Fallas Hidalgo, M., Chacón Rivas, M. "Motor de Juegos para la creación de evaluaciones en e-learning". *Actas de la 7ma Conferencia Ibérica de Información*. Madrid, España. 20 al 23 de junio 2012. Vol. I. Tomo 2. Alvaro Rocha, José A. Calvo-Manzano, Luis Paulo Reis, Manuel Pérez Cota Editores. ISBN 978-989-96247-6-4.

[16] Chang, C., Liang, C. & Chen, Y. H. (2013). Is Learner Self-assessment Reliable and Valid in a Web-based Portfolio Environment for High School Students? *Computers & Education*, 60(1), 325-334.

[17] Van der Schaaf, M., Baartman, L. & Prins, F. (2012). Exploring the Role of Assessment Criteria during Teachers' Collaborative Judgement Processes of Students' Portfolios. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 37(7), 847-860.

[18] Vance, G., Williamson, A., Frearson, R., O'Connor, N., Davison, J., Steele, C. & Burford, B. (2013). Evaluation of an Established Learning Portfolio. *Clinical Teacher*, 10(1), 21-26.

[19] Barret, H. Using electronic portfolio for formative/classroom based assessment, 2006.

[20] Bloom, B.; Krathwohl, D.: Taxonomy of educational objectives. The classification of educational goals by a committee of college and university examiners. Handbook 1. Cognitive domain. New york: Addison-Wesley (1956).

[21] Anderson, L.W., and D. Krathwohl (Eds.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. Longman, New York.

[22] Allen, J. Maintaining knowledge about temporal intervals. *Communication of the ACM*, 26, (1983) 832-843.

[23] Taibi, D., Gentile, M., Fulantelli, G., Allegra, M. An Ontology to Model e-portfolio and Social Relationship in Web 2.0 Informal Learning Environments. *International Journal of Computers Communications & Control*, ISSN, 9836 vol 5(4), pp. 578-585, 2010.

Sistemas de suporte a planos de emergência

Integração de procedimentos operacionais de proteção e segurança

Emergency plans support systems

Integration of Safety and Security operational procedures

A Araújo, P. Lemos, I. Costa, P. Luís, L. Oliveira, N. Madeira, J. Patrício

Instituto Politécnico de Tomar

Tomar, Portugal

ajaraujo@insags.com, paulo.lemos@softinsa.com, ines.costa@softinsa.com, pedro.luis@softinsa.com,
loliveira@ipt.pt, nmadeira@ipt.pt, jpatricio@ipt.pt

Resumo — O IBM IOC (Intelligent Operations Center), é uma plataforma computacional de elevado potencial e com uma margem exponencial de crescimento, com aplicações nas mais diversas áreas inerentes à eficiência e desenvolvimento das cidades, tornando-as *smarter*, permitindo a criação de um sistema comum com informação dinâmica em tempo real, fazendo face às necessidades diárias de uma cidade, assim como de uma Festa de grandes dimensões. Neste trabalho é apresentada a aplicação à Festa dos Tabuleiros, realizada na zona histórica da cidade, e que apresenta um conjunto variado de desafios. Estas necessidades assentam fundamentalmente na proteção e segurança dos participantes e visitantes da Festa, envolvendo as respetivas entidades responsáveis, sendo mostrado como o IOC faculta a estas entidades uma ferramenta visual comum com impacto direto na realização da Festa.

Palavras Chave – IOC, Eficácia, Eficiência, Inteligência.

Abstract — IBM IOC (Intelligent Operations Center) is a high potential computational platform with an exponential growth margin, that can be applied in many areas dealing with efficiency and *smarter* city development, by assisting its daily needs, along with the organization of large scale Festivities. In this work we present the application of this platform to Festa dos Tabuleiros (Trays Festival), which takes place every four years in the historic area of the city of Tomar, facing a number of challenges for the concerned authorities, addressing a set of needs raised by visitor safety and security issues. The resulting system, built around IOC, provides the authorities and general public a single powerful tool with direct impact on the management of the Festival.

Keywords – IOC, Effectiveness, Efficiency, Intelligence

I. INTRODUÇÃO

O conceito de *smart city* [1] procura dar materialização prática à procura de melhoria da qualidade de vida nos núcleos metropolitanos das cidades e respetivas áreas de abrangência. Este conceito pode ser aplicado não apenas às cidades como também a eventos específicos que sejam regidos por uma *timeline* planeada com eventos e ocorrências próprias [2].

Assim, num evento de grande dimensão, como a Festa dos Tabuleiros em Tomar [3], que ocorre de quatro em quatro anos, mobilizando toda a cidade e recebendo milhares de visitantes, torna-se cada vez mais necessário aliar a tradição e o conhecimento com a tecnologia e a inovação. Este evento exige um vasto conjunto de recursos financeiros, logísticos, burocráticos, entre outros, que exige um enorme reforço nas áreas de proteção e segurança, essencialmente devido à dimensão da Festa e à grande aglomeração demográfica que lhe é inerente. É imprescindível a existência de um maior nível de segurança, bem como, uma rápida resposta em caso de ocorrências, as quais se sucedem em elevado número durante a festa.

As áreas de proteção e segurança são assim duas áreas sensíveis no quotidiano de uma cidade pelas suas especificidades, bem como pela necessidade de alinhamento total para o sucesso das operações e pela metodologia tradicional de gestão de processos que dificulta o acesso à informação de forma rápida e eficaz. Assim, a abordagem destes temas é importante não só do ponto de vista da sua empregabilidade no âmbito das *smart cities*, como também se torna um essencial ponto de partida para a validação da sua aplicação em ferramentas de gestão operacional e estratégica e

apoio à decisão, como é o caso do IOC (*Intelligent Operations Center*) da IBM [4].

Na secção seguinte é apresentado o estado da arte, sendo posteriormente abordados os procedimentos operacionais das entidades envolvidas, descrevendo-se em seguida a solução implementada, que engloba a aplicação do IOC nas áreas da proteção e segurança, e uma gestão inteligente na cidade de Tomar. Esta solução é ainda particularizada para o caso concreto do projeto *Smarter Fest* e respetivos procedimentos aplicados.

II. ESTADO DA ARTE

Complexidade, imprevisibilidade e evolução são características associadas nos dias de hoje às grandes aglomerações humanas. Uma cidade em constante evolução, quer demográfica quer economicamente, está aliada a um grande grau de complexidade, gerando inúmeros problemas a todos os níveis. Este grau de complexidade tem origem na imprevisibilidade de diversos fatores, nomeadamente, económicos e ambientais, fora do alcance dos respetivos responsáveis.

São estes fatores que criam a necessidade de tornar as cidades inteligentes, com recurso a ferramentas de apoio à gestão e decisão, dado o carácter crucial da gestão da informação [5]. Embora já existam, um pouco por todo o mundo, exemplos bem-sucedidos destas implementações, está-se muito longe de uma adoção generalizada. Tais implementações recorrem ao uso, entre outras possibilidades, da plataforma da IBM, o IOC (*Intelligent Operations Center*), que permite a monitorização e gestão de recursos, eventos e incidentes, a otimização do crescimento da cidade e das suas operações, congregando, numa plataforma comum, a integração da informação de diversas entidades [4].

O IOC pode ser aplicado às mais diversas áreas. No que diz respeito mais especificamente às áreas de proteção e segurança, foi em Davao, Filipinas, que em 2012 a IBM colaborou na construção de uma *Smart City*, criando um *dashboard* centralizado, permitindo monitorizar eventos e operações em tempo real, levando as entidades responsáveis a uma resolução mais rápida e eficaz das ocorrências [6].

Esta abordagem nunca tinha sido ensaiada em cidades de dimensão mais reduzida, acolhendo festas de grandes dimensões aglomerando no mesmo espaço centenas de milhares de pessoas. Foi assim que, na Festa de Tabuleiros de 2015, na cidade portuguesa de Tomar, que, perante a necessidade de uma plataforma comum que permitisse o cruzamento de informação entre as duas entidades responsáveis pela segurança da festa, foi introduzido o IOC.

III. PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

As organizações e entidades responsáveis por gerir as cidades ou eventos particulares dentro das cidades, são também responsáveis por elaborar e manter manuais de procedimentos que permitem organizar, orientar, facilitar, agilizar e uniformizar as ações necessárias para a correta execução dos planos, essencialmente nas áreas de proteção e segurança em

que tem que ser garantida a capacidade de resposta à emergência [7].

Para estas entidades, os procedimentos operacionais estão descritos, detalhados e previstos em planos operacionais que contêm todas as informações necessárias para uma correta operacionalização.

Os procedimentos operacionais (SOP's) têm uma importância particular devido ao facto de descreverem as várias ações inerentes à execução do procedimento. Isto é de extrema importância pois permite uma repetição de tarefas com o resultado esperado, o que diminui o erro (desvios na execução), mantendo um nível de qualidade elevado nas ações tomadas.

No IOC é possível criar procedimentos operacionais e associá-los a ocorrências fazendo que sejam despoletados por determinadas características das ocorrências. Além disso, todas as ações decorrentes do processo ficam registadas, sabendo-se em tempo real qual o ponto de situação de determinada ação e quem está responsável pela mesma. Isto permite ter um procedimento dinâmico e com automatismos próprios, ajudando as entidades responsáveis a perceber o estado das operações em tempo real, havendo assim maior poder de decisão de todas as áreas envolvidas.

IV. SOLUÇÃO

A quantidade de informação gerada nas cidades tem aumentado de forma exponencial. Assim, torna-se cada vez mais urgente criar processos modelados de forma a integrar da melhor forma as várias entidades envolvidas na gestão dos eventos e ocorrências de uma cidade e implementar ferramentas de apoio à decisão, capazes de anular as “ilhas” de informação, que podem fazer com que determinada decisão seja tomada sem se conseguir ter uma visão global das situações.

Por um lado, é cada vez mais importante implementar ferramentas de gestão com processos operacionais estandardizados e devidamente integrados, capazes de tornar a interoperabilidade mais eficaz e eficiente, que só será possível através da aplicação dessas ferramentas agregadoras de informação que irão funcionar como elemento vital no apoio à decisão. A aplicação do conceito de *smart city* tende a tornar-se urgente no futuro, pelo que a implementação deste conceito e dessas mesmas práticas em eventos críticos geradores de grandes quantidades de informação se pode tornar essencial para adaptar a sua integração numa escala maior às próprias cidades.

Passamos agora a apresentar a nossa proposta de aplicação dos conceitos de *smart city*, mais concretamente nas áreas de proteção e segurança, a uma instância concreta.

A Festa dos Tabuleiros é um evento que acolhe uma grande massa populacional na cidade de Tomar, o que leva a que seja necessário um grande controlo, monitorização e gestão de todos os meios, para que haja uma maior segurança e maior rapidez na resposta a ocorrências. Para tornar possível este controlo, monitorização e gestão mais eficaz e eficiente, a solução global desenhada para o evento passou por integrar o conceito de *smart city* e aplicando a plataforma IOC como solução integradora de informação e ferramenta de gestão e

apoio à decisão, sendo que para alimentar esta plataforma foram também desenvolvidas:

- aplicação para gestão dos parques de estacionamento e visualização do estado dos mesmos no IOC e na aplicação mobile dos visitantes;
- aplicação para geolocalização do cortejo e visualização em tempo real no IOC e na aplicação mobile dos visitantes;
- aplicação para dispositivos móveis (*Android* e *IOS*) para os visitantes poderem visualizar o estado de ocupação dos parques de estacionamento, saberem a posição exata do cortejo e com informações dos concertos e eventos da festa.

A solução implementada para a Festa dos Tabuleiros incorporou uma fase de analítica preditiva, com o objetivo de recolher dados, correlacioná-los e tratá-los estatisticamente. Recorreu-se a dados de edições anteriores da Festa dos Tabuleiros com o intuito de dotar o sistema desenvolvido com capacidades preditivas, dando origem a um conjunto de "lições aprendidas" e a uma base de conhecimento para eventos futuros.

A. Aplicação do IOC nas áreas de Safety e Security

1) Integração do IOC para uma gestão mais inteligente

As cidades modernas podem ser vistas como ambientes complexos com vários elementos conjugados que requerem uma gestão eficaz e eficiente. No quotidiano das cidades as várias entidades responsáveis têm que lidar com incidentes e emergências com soluções que aumentem a capacidade operacional e minimizem o impacto das ocorrências.

Nesse sentido, e à semelhança de outras ferramentas vocacionadas para a gestão de *smart cities*, o IOC funciona como uma ferramenta de apoio à gestão e decisão, a um nível operacional e estratégico, que permite monitorizar e gerir recursos, eventos e ocorrências, otimizar as operações através da análise de indicadores, estar conectado com os cidadãos e endereçar as suas preocupações através de ferramentas com procedimentos específicos, integrar dados de várias origens numa plataforma comum, e finalmente modelar procedimentos das várias entidades e integrar os mesmos em procedimentos operacionais comuns, agregando e disponibilizando a informação numa plataforma comum com uma perspetiva gráfica que facilita a rapidez de decisão através da observação de indicadores, permitindo a integração e visualização de dados de várias fontes, a colaboração quase em tempo real, coordenação e gestão das respostas a incidentes, bem como a análise dos dados com o objetivo de melhorar a eficiência das operações realizadas, fornecendo mapas, *dashboards*, *reports* e algoritmos de análise e procedimentos de operações padrão interativos (SOP's).

B. Gestão mais inteligente em Tomar – O caso do Smarter Fest

A Festa dos Tabuleiros surge como um evento de carácter crítico. A interoperabilidade entre as várias entidades envolvidas carece de ferramentas de apoio à decisão e processos transversais de gestão de eventos e ocorrências. As soluções tradicionais existentes e implementadas no passado funcionavam, sendo contudo baseadas em objetos e estruturas

estáticos, funcionando os sistemas de informação das diferentes áreas de forma autónoma e independente. Conclui-se deste modo que o processo de ligação e comunicação pode ser melhorado por forma a aumentar a celeridade do processo de decisão. Com o IBM IOC, foi possível alterar essa situação, e para além de ser possível consumir a ligação entre a informação de ambas as áreas, as duas entidades envolvidas passaram a ter conhecimento da posição de cada membro no terreno, existindo assim uma informação dinâmica. Mais concretamente, a localização do cortejo, dos operacionais que se encontravam ao serviço, do estado das ruas, das ocorrências, e ainda, acesso constante e em tempo real a relatórios com o registo de todas as ocorrências registadas durante a Festa, passou a estar acessível, de forma dinâmica, a todas as entidades com responsabilidade na gestão do evento, mantendo-se contudo a estrita observância dos protocolos de transmissão deste tipo de informação para as entidades responsáveis, feita por via telefónica dos operacionais no terreno para os operadores que, no centro de comando, introduziam os dados no IOC.

Durante este evento foram criadas duas equipas, uma na área de proteção e outra na área de segurança. Estas equipas marcaram presença nas salas de controlo de cada uma das áreas e inseriram a informação no IOC com o objetivo de ajudar em simultâneo todos os envolvidos no apoio à decisão. O IOC contou igualmente com outras fontes de dados, recebendo informação do estado dos parques de estacionamento, recolhida pelo pessoal responsável pela segurança em cada um deles, assim como da localização do cortejo no momento. Foram deste modo construídas aplicações móveis para enviar informações sobre a taxa de ocupação dos parques e a localização dos pontos-chave do cortejo. Essas aplicações *Android*, instaladas em dispositivos móveis que eram transportados por elementos que incorporavam o cortejo e enviavam a informação para uma base de dados acedida pelo IOC.

Como forma de dotar esta plataforma de capacidades no domínio da analítica preditiva, procedeu-se ao registo e georreferenciação de todas as ocorrências durante os cortejos principais das edições de 2007 e 2011 da Festa dos Tabuleiros de 2007 e 2011, recorrendo-se aos registos feitos na ocasião e disponibilizados pelas Corporações de Bombeiros envolvidas.

Tal como é documentado na Figura 1, este registo permitiu identificar zonas críticas nos cortejos principais das edições de 2007 e 2011 da Festa dos Tabuleiros, que permitiram às várias entidades envolvidas reposicionar alguns meios e reajustar o plano de operações aos dados apresentados.

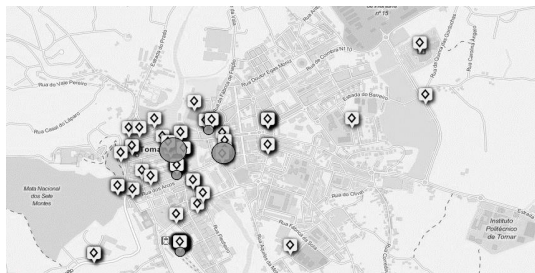


Figura 1 IOC - Ocorrências registadas na Festa dos Tabuleiros de 2015

Através do registo na plataforma IOC das ocorrências no cortejo principal da Festa dos Tabuleiros de 2015, foi possível, para além do simples registo descritivo das ocorrências, localizá-las geograficamente de forma automática no mapa, tal como é mostrado na Figura 2. As regiões circulares denotam áreas críticas, cujo raio é diretamente proporcional à sua severidade. Em complemento, a gestão dos parques de estacionamento assumiu um importante valor acrescentado em comparação com a estratégia seguida durante o cortejo principal das anteriores edições da Festa dos Tabuleiros. Neste contexto foi desenvolvida uma aplicação que, com o envolvimento dos meios humanos da empresa a quem a segurança dos parques de estacionamento foi adjudicada, permite o conhecimento da taxa de ocupação dos parques de estacionamento, com três estados, verde, amarelo e vermelho, representando respetivamente o estado livre, parcialmente ocupado e completamente ocupado, tal como é mostrado na Figura 3. Foi deste modo possível às autoridades responsáveis pelo encaminhamento dos visitantes pelos acessos secundários, para o centro da cidade, ter conhecimento em tempo real do estado de ocupação dos parques através dos centros de operação, permitindo encaminhar as pessoas pelos acessos diretos para as áreas com parques de estacionamento livres.

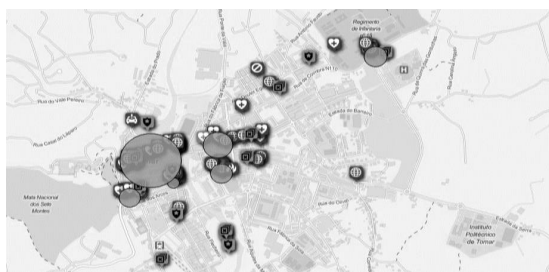


Figura 2 IOC - Ocorrências registadas na Festa dos Tabuleiros de 2015

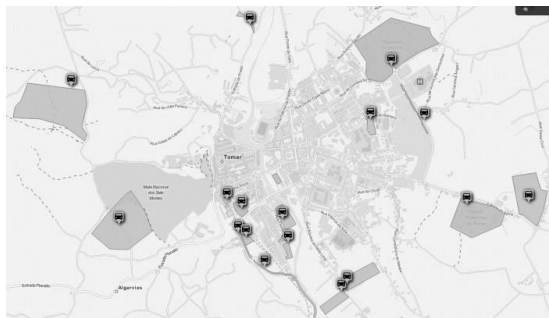


Figura 3 IOC - Áreas e locais dos parques de estacionamento

Estratégia idêntica deu possibilidade aos Centros de Comando das Corporações de Bombeiro e às Autoridades de Segurança de poder visualizar em tempo real o estado dos acessos primários e secundários e dos corredores de circulação através dos estados livre e condicionado, tal como representado na Figura 4. Além disso, a visualização, na mesma apresentação, dos corredores de evacuação de emergência permitiu o encaminhamento dos meios de socorro das Corporações de Bombeiros sem contratempos de condicionamento de vias.

Numa outra vertente da disponibilização de informação, desta feita ao público em geral, foi criada uma aplicação móvel que permitiu aos visitantes do cortejo principal da edição de 2015 da Festa dos Tabuleiros ter conhecimento em tempo real do estado dos parques de estacionamento e da localização do cortejo.

O desenho da solução no IOC nasce com o acompanhamento da elaboração dos anexos ao plano de operações com o posicionamento de meios e viaturas permitindo consolidar o alinhamento entre algumas entidades relativamente aos corredores de evacuação a ser utilizados, materializado no ecrã representado na Figura 5, permitindo aos Comandantes presentes no centro de operações ter conhecimento, de uma forma muito gráfica e dinâmica, da disponibilidade e localização dos meios e viaturas que dizem respeito à sua área de operações, assim como uma melhor definição das zonas de intervenção.

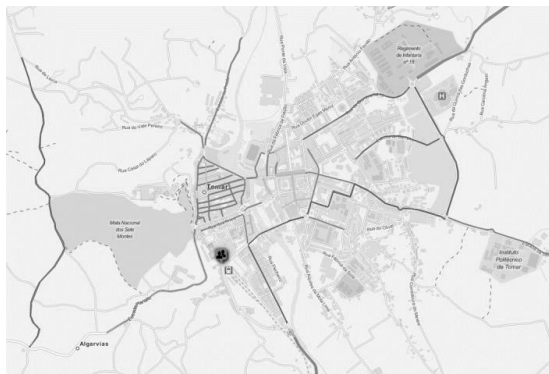


Figura 4 IOC - Estado de ocupação dos acessos e corredores de circulação

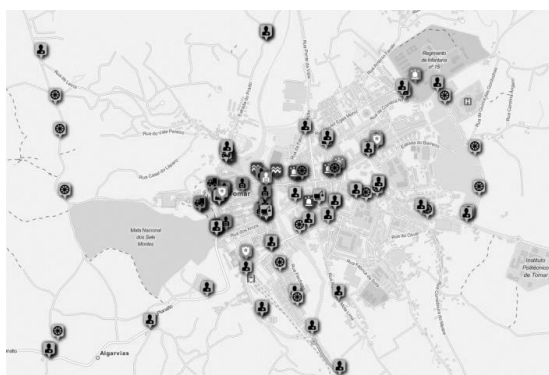


Figura 5 IOC - Posicionamento dos meios e viaturas, das áreas de proteção e segurança

O acompanhamento, por parte das autoridades de proteção e segurança, da Festa dos Tabuleiros exige um grande alinhamento da informação entre as entidades intervenientes, que foi possível graças ao IOC, como unanimemente o admitiram os responsáveis pela Polícia de Segurança Pública e do Corpo de Bombeiros da cidade de Tomar [8].

Tal como foi mencionado anteriormente, as várias entidades envolvidas na festa dos Tabuleiros, integrantes da Autoridade Nacional da Proteção Civil (ANPC) regem-se por “processos pelo qual se estabelecem, testam e colocam em prática as medidas, normas, procedimentos e missões destinadas a serem aplicadas numa situação de acidente grave ou catástrofe” [7].

Emergência Pré-Hospitalar Details

Activities	Roles	References	Change Log	Instances
▼ 1: PCO - Despacho de meios				
Description	Pode enviar ABSO, Moto, Equipa Apeada			
Required	True			
Autostart	True			
Roles	CityWideAdmin : Owner CityWideExecutive : Reader			
Duration	No duration is defined.			
References				
Activity type	Manual Activity			
▼ 2: Avaliação e eventual passagem de dados ao CODU				
Description				
Required	True			
Autostart	True			
Roles	CityWideAdmin : Reader CityWideExecutive : Reader CityWideSupervisor : Reader CityWideOperator : Reader CityWideAdmin : Owner			
Duration	No duration is defined.			
References				
Activity type	If-Then-Else Activity Then: É necessário transporte Else: Não é necessário transporte			

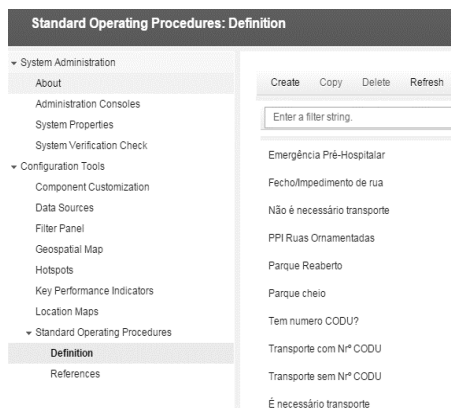
Por outro lado, a gestão eficaz e eficiente de situações de emergência de Proteção Civil “regulam-se com um bom planeamento e deverá ter por base um plano de emergência simples, flexível, dinâmico, preciso e adequado às características locais” [7]. Deste modo, os procedimentos operacionais traduzem o planeamento das tarefas a ser executadas e as medidas necessárias para a realização dessas mesmas tarefas [2].

No cortejo principal da edição de 2015 da Festa dos Tabuleiros, a solução passou por integrar os planos e procedimentos das várias entidades envolvidas em procedimentos operacionais padrão (SOP), facilmente parametrizados e geridos através do IOC. Os SOP devem desta forma ser definidos para gerir as ocorrências que chegam ao IOC. Estes SOP definem a sequência de atividades que são despoletadas em resposta a uma ocorrência com certos parâmetros predefinidos e cada atividade corresponde a uma tarefa automatizada. Estas tarefas encontram-se atribuídas a utilizadores, ficando cada alteração de estado da tarefa registada num determinado momento, havendo sempre um responsável pela sua execução.

No caso particular do cortejo principal da edição 2015 da Festa dos Tabuleiros, foi possível integrar alguns dos procedimentos, contidos nos planos operacionais das várias entidades, nestes SOP, permitindo desta forma que os órgãos de decisão soubessem em qualquer momento o estado de determinada tarefa e o responsável pela mesma. Podemos aqui demonstrar o caso prático do fluxo de emergência pré-hospitalar, tal como é mostrado na Figura 6, que contém todas as movimentações e tarefas desde a ativação dos meios de socorro até à disponibilidade dos meios após o despacho da emergência.

Figura 6 Fluxograma de emergência pré-hospitalar

Figura 7 IOC screenshot de SOP de emergência pré-hospitalar



É possível observar que este SOP contém atividades com perfis para cada um dos utilizadores com as suas funções específicas, que são despoletadas através da execução de tarefas. Todos estes registos surgem como instâncias com data/hora de início e fim, permitindo que a qualquer momento os decisores possam ter acesso aos *status* das atividades e

respetivos responsáveis. Apesar da sua utilidade em eventos anteriores, sendo este um procedimento importante anexo ao plano operacional de qualquer município, uma das soluções apresentadas na festa dos tabuleiros foi a parametrização e configuração deste fluxograma num SOP incorporado no IOC, conforme se pode observar, de forma parcial, na Figura 7.

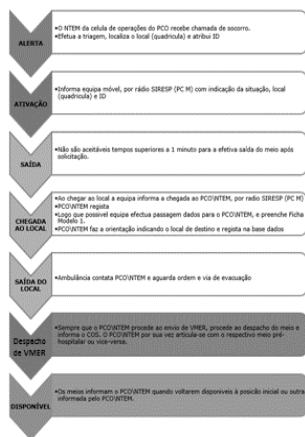
A integração deste procedimento no IOC e sua associação ao *data source* de emergências médicas permitiu ao decisor seguir os passos da execução de cada emergência individualmente, com gravação da data e da hora de todas as ocorrências registando a data e hora, permitindo a comparação de tempos e criar de medidas estatísticas com vista à otimização dos procedimentos.

Para criar o procedimento no IOC, foram criados todos os passos a executar em *Solution Administration* -> *Standard Operating Procedures* -> *Definition* -> *Create*. Neste local, é feita a configuração do procedimento. Foram criados passos de execução de diferentes tipos de atividade, manual e de decisão (*if-then-else*), sendo ainda possível a introdução de atividades de forma manual. O registo destes dados vai facilitar a criação de relatórios com o *software* Cognos, parte integrante do ecossistema IOC.

A Figura 8 ilustra outros SOP utilizados para gerir as atividades inerentes à abertura e encerramento dos parques de estacionamento e fecho e abertura de ruas, tendo sido fundamentais para os órgãos para acederem aos estados de ocupação dos parques de estacionamento, as ruas com maior afluência de pessoas e viaturas, assim como as vias a ser utilizadas para em contexto de evacuação ou emergência pré-hospitalar. Os *Standard Operations Procedures* assim definidos irão permitir que, em modelos preditivos das próximas edições da Festa dos Tabuleiros, a informação da edição de 2015 possa complementar a informação das edições

Figura 8 - IOC screenshot de SOP's

de 2007 e de 2011.



Após a realização do cortejo principal da edição de 2015 da Festa dos Tabuleiros, foi feito um levantamento das ocorrências, esquematizado na Figura 9, de que resultou um relatório entregue às entidades envolvidas, onde é possível constatar que, se por um lado, o número de ocorrências em 2015 aumentou relativamente a 2011, em consonância com a maior afluência de pessoas à Cidade de Tomar, por outro o tempo médio de resposta às ocorrências baixou consideravelmente.

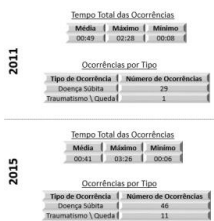


Figura 9 - Tempo total das ocorrências e ocorrências por tipo (2011 vs 2015)

V. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objeto de estudo a incorporação de ferramentas computacionais e de sistemas de informação na assistência a um conjunto de procedimentos operacionais que, de uma forma tradicional, vêm a ser aplicados ao longo dos anos pelas autoridades responsáveis pela tarefas de *security* e de *safety* em eventos culturais. O recurso a uma ferramenta de apoio à gestão de *smart cities* como o IOC permitiu aliar a modernidade à tradição, sem que esta se perdesse, tornando a Festa dos Tabuleiros Inteligente, Eficaz e Eficiente, possibilitando às autoridades a realização de uma forma mais eficiente de uma Festa mais segura, mais ágil e dinâmica a nível de informação.

Esta implementação afetou diretamente os procedimentos e processos das entidades envolvidas, otimizando-os e tornando-os mais eficazes, numa perspetiva completamente diferente da por elas utilizada anteriormente. A visualização em tempo real das ocorrências, eventos, e localização geográfica dos agentes no terreno, proporcionaram uma tomada de decisão com maior prontidão e de impacto imediato.

Os resultados desta aplicação foram visíveis em tempo real, através da recolha constante de dados em ambos os centros de operações, que possibilitou um tempo de resposta mais rápido de todos os meios envolventes, não só de segurança como também das restantes entidades envolvidas na Festa dos Tabuleiros.

A Festa dos Tabuleiros, uma tradição tomarense e portuguesa carregada de significado histórico, teve desta forma o seu primeiro contato com o conceito *Smarter Cities* e uma aplicação como IOC. A aplicação deste conceito a um evento específico poderá agora resultar numa implementação para a cidade que o alberga, a cidade de Tomar, a longo prazo e de uso mais frequente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Naphade, G. Banavar, C. Harrison, J. Paraszczak e R. Morris, "Smarter Cities and Their Innovation Challenges," *Computer*, vol. 44, pp. 32-39, June 2011.
- [2] C. Sell e I. Braun, "Using a workflow management system to manage emergency plans," em *Proceedings of the 6th International ISCRAM Conference*, Gothenburg, Sweden, 2009.
- [3] A. Rosa, D. C. R. J. L. e L. Graça, *História de Tomar*, 1971.
- [4] IBM, "Intelligent Operations Center," [Online]. Available: <http://www-03.ibm.com/software/products/pt/intelligent-operations-center>. [Acedido em 20 Fevereiro 2016].
- [5] H. Chourabi, T. Nam, S. Walker, J. R. Gil-Garcia, S. Mellouli, K. Nahon, T. A. Pardo and H. J. Scholl, "Understanding Smart Cities: An Integrative Framework", em *2012 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS 2012)*, pp. 2289-2297, IEEE.
- [6] IBM, "City of Davao and IBM Collaborate to Build a Smarter City," 2012. [Online]. Available: <https://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/38152.wss>. [Acedido em 20 Fevereiro 2016].
- [7] R. Almeida, C. Mendes, S. Serrano, F. Araujo, P. Carlos, C. Coelho e A. Gomes, "Manual de apoio à elaboração e operacionalização de Planos de Emergência de Planos de Protecção Civil," *Cadernos Técnicos PROCIV*, 2008.
- [8] "Inovação abraça Festa dos Tabuleiros," *Revista Smart/Cities*, vol. 7, 2015.

Capacitación de cuidadores primarios a cargo de personas dependientes mediante el uso de las TIC

Training primary caregivers of dependent people through the use of ICT

Martínez-Alcalá, Claudia. I. ^{1,2}, Pliego-Pastrana, Patricia ¹, Rosales-Lagarde, Alejandra. ^{1,2}, Rodríguez-Torres, Erika Elizabeth ³, López Noguera, JS ^{1,4},

¹Área Académica de Gerontología. Instituto de Ciencias de la Salud, UAEH. Pachuca, Hidalgo, México

²Cátedras-CONACYT. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D.F.

³Centro de Investigación en Matemáticas. UAEH. Pachuca, Hidalgo, México.

⁴Division of Molecular Psychiatry, Department of Psychiatry and Psychotherapy, University Medicine Göttingen, Germany. cimartinezal@conacyt.mx, ppliego@uaeh.edu.mx, alexiario@rocketmail.com, erikart@uaeh.edu.mx, socrates_lopez@uaeh.edu.mx,

Resumen — El aumento de la esperanza de vida en la mayoría de los países industrializados está conduciendo al incremento de la población adulta mayor. Al mismo tiempo, una característica principal de esta población es que son más propensas a sufrir un aumento de patologías crónicas no transmisibles (por ejemplo: diabetes, osteoartritis, insuficiencia cardiaca, Alzheimer, y Parkinson) lo que conlleva a un declive físico y psíquico que condiciona su capacidad funcional, siendo cada vez mayor el número de personas dependientes que precisan de cuidados. Por lo tanto, un adulto mayor o persona dependiente va a requerir de una intervención continua, aunque no necesariamente permanente de los cuidadores, basada en el apoyo y los cuidados. El propósito de este artículo es presentar una solución web dirigida a los cuidadores primarios que requieran de la capacitación necesaria - desde cualquier lugar y en cualquier hora - para el manejo de personas dependientes y/o adultos mayores.

Palabras Clave —Cuidadores; Adulto Mayor; Talleres Virtuales; Dependencia; Enfoque Centrado en el Usuario.

Abstract — Life expectancy has increased in most industrialized countries and the number of older adults is projected to grow. Older people have a high prevalence of chronic mental and physical Non-communicable diseases (NCDs) (E.g. diabetes, osteoarthritis, heart failure, Alzheimer and Parkinson) with functional implications that lead to dependency. Thus, older people will require sometimes long-time interventions although not necessarily permanent from caregivers. A web-solution aimed to primary caregivers is here presented –that can be available from every place and time- to manage dependent people and/or elderly dependent.

Keywords – Caregivers; older person; online workshops; dependence; approach to user-centered design.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha observado un aumento considerable de la esperanza de vida de las personas [1]. Las causas de este aumento demográfico las podemos encontrar en

los grandes avances experimentados por la medicina y en los cambios sociales y de estilos de vida ocurridos a lo largo de todos estos últimos años. Todo ello conlleva a que las personas cada vez sean más longevas y que se produzca, a su vez, una inestabilidad en la prestación de servicios sanitarios [2]. Al mismo tiempo, una característica principal de esta población es que son más propensas a sufrir un aumento de patologías crónicas no transmisibles (por ejemplo: diabetes, osteoartritis, insuficiencia cardiaca, Alzheimer y Parkinson.) lo que conlleva un declive físico y psíquico que condiciona su capacidad funcional, siendo cada vez mayor el número de personas dependientes que precisan de cuidados [3],[4].

En este contexto, se entiende por persona dependiente aquella que por motivos de un proceso natural de envejecimiento, enfermedad o discapacidad permanente o temporal, y ligadas a la pérdida de autonomía física, sensorial, mental o intelectual, precisa con carácter permanente la atención de otra persona o requiere de ayuda para realizar las actividades básicas de la vida diaria [5]. Por lo tanto, un adulto mayor o persona dependiente va a requerir de una intervención continua, aunque no necesariamente permanente, basada en el apoyo y los cuidados de una tercera persona. Es por ello, que la labor del cuidador primario (formal e informal) adquiere una gran relevancia para la persona dependiente conforme progresa su enfermedad y/o discapacidad, no sólo por la atención directa a la persona, sino también por su papel en la reorganización, mantenimiento y cohesión de la familia, debido a que en muchas ocasiones este papel es asumido por el/la esposo/a, hijo/a, un familiar o alguien cercano al paciente [6].

Numerosos estudios coinciden en afirmar que el perfil del cuidador principal corresponde con más frecuencia con el de una mujer, de edad comprendida entre los 45 y 69 años, que informa no recibir la ayuda de nadie para realizar este trabajo y que se caracteriza mayoritariamente por no tener una actividad laboral retribuida ni reconocida [6],[7]. Asimismo, existe un amplio consenso respecto a las repercusiones negativas del cuidado en la salud y calidad de vida del familiar cuidador

[8],[9]. La mayoría de los estudios constatan que la presión psicológica y carga laboral a la que están expuestos los cuidadores puede desencadenar en ellos malestares psíquicos (principalmente estrés, ansiedad y depresión), aunque también se han descrito repercusiones importantes en otras esferas como la salud física, la baja autoestima, el aislamiento social, la falta de tiempo libre, la calidad de vida o el deterioro de la situación económica, dando lugar a lo que algunos autores han denominado síndrome del cuidador “quemado” o Síndrome de Burnout [5].

Por tanto, está ampliamente reconocido, que la mayoría de las veces, cuidar de una persona mayor dependiente es una experiencia estresante que puede llegar a desgastar la salud del cuidador, causándole algunos problemas o trastornos de salud crónicos y tener repercusiones negativas para la persona proveedora del cuidado, especialmente en aquellos casos en que el cuidador perciba la situación como altamente demandante y los cuidados se ofrezcan de manera continua (ocupando gran parte del tiempo del cuidador) y prolongada en el tiempo de atención brindada [10].

Desde esta perspectiva, el cuidador requiere del acceso a herramientas tecnológicas que le permitan abordar desde cualquier lugar, en cualquier hora y de la mejor manera, el cuidado del paciente dependiente; para así proporcionarle una atención oportuna y eficaz, y asimismo apoyarlo en su rol de cuidador. La tendencia a utilizar las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el ámbito sanitario han contribuido a la fuerte convicción de que las TIC pueden proporcionar herramientas útiles y eficaces que mejoren la calidad de vida del adulto mayor con dependencia y al mismo tiempo proporcionen un soporte para sus familiares y/o cuidadores [11],[12].

Por lo tanto, el propósito de este artículo es presentar una solución web dirigida a los cuidadores primarios que requieran de la capacitación necesaria – desde cualquier lugar y en cualquier hora – para el manejo de personas dependientes y/o adultos mayores. Para ello, este artículo se ha dividido de la siguiente manera: La sección I corresponde a la introducción del contexto en el que se rige este trabajo. En la sección II se hace mención de las funciones que llevan a cabo los cuidadores – su perfil de riesgos, sus necesidades – y cómo las TIC son adoptadas como instrumentos de apoyo para facilitar el trabajo del cuidador. En la sección III se presentará la metodología con la que se diseñó la solución web y su aplicación para el desarrollo de ésta. Por último en la sección IV se presentan las conclusiones y trabajos futuros de este trabajo.

II. EL CONTEXTO DE LAS PERSONAS CUIDADORAS

A. Perfil de riesgo en la salud del cuidador primario

De acuerdo con los autores Moral Serrano *et al.* [13], existe un conjunto de variables que pueden influir en un mayor riesgo de deterioro de la salud y calidad de vida del cuidador primario. Estas variables son: la edad, el género, el tipo de enfermedad del familiar/paciente, la percepción de su salud, la duración de la dependencia, las redes de apoyo y el soporte social, entre otras.

Con respecto a la edad del cuidador, algunos estudios indican que los cuidadores de mayor edad tienden a presentar

mayor deterioro en su salud. Por otro lado, con relación a la variable de género del cuidador, no existen hallazgos que concuerden, ya que mientras unos afirman que las cuidadoras presentan impactos más negativos que los hombres cuidadores, otros estudios observaron lo contrario [5],[14]. Otro estudio indica que el grado de dependencia del familiar/paciente, provoca problemas psicológicos en el cuidador como depresión, ansiedad y estrés [15].

B. Necesidades del cuidador primario

En la actualidad, nos encontramos sumergidos en una adaptación a un nuevo contexto derivado de condiciones socio-demográficas, epidemiológicas y culturales, que han determinado un aumento progresivo de la necesidad de cuidados de personas dentro del núcleo familiar. El proceso – obligado o no – de conversión del familiar en cuidador o cuidadora es progresivo, incluso puede durar años y los cuidadores pueden experimentar la sensación de nunca sentirse seguros de que sus tareas están realizadas correctamente, o de ser las suficientes. Este hecho va afectando la salud física y psicológica de quien ejerce el papel de cuidador(a) [5], [13].

De acuerdo con la revisión de la literatura, las principales necesidades que existen actualmente en los cuidadores informales de adultos mayores dependientes se pueden dividir en: a) necesidades y demandas de información y asesoramiento; b) asesoría en situaciones difíciles del cuidador; d) asesoría emocional y conductual e) necesidades sociales y/o familiares [16], [17], [18].

En primer lugar, en cuanto a las *necesidades y demandas de información y asesoramiento* que se presentan por parte de los cuidadores, se pudo percibir la necesidad de tener a la mano más información referente al conocimiento de la progresión de la propia enfermedad del paciente. Asimismo el cuidador presenta una mayor demanda sobre temas como cuidados de salud, higiene y movilidad del paciente, administración de medicamento, problemas de comunicación, incontinencia y administración de su tiempo. Conjuntamente algunos autores identifican como una demanda frecuente de los cuidadores, conocer qué tipo de enfermedad padece el paciente, cuáles son los cambios psicológicos que se producen en la persona cuidada y los modos de afrontamiento de esta nueva situación por parte de los cuidadores. En relación a este último punto, los expertos confirman la existencia de una demanda de orientación acerca de cómo enfrentarse a la idea de que su familiar va a morir en un corto o mediano plazo [18].

En cuanto a las *situaciones difíciles* que vive el cuidador, la información que más solicitan es el asesoramiento en: a) la falta de autonomía; b) el exceso de dependencia del cuidando; c) las quejas y/o peticiones continuas por parte del cuidando y d) los déficits de memoria del cuidando. Por su parte, en el plano *emocional y conductual*, los cuidadores requieren de temas y de apoyo psicológico sobre el manejo de la depresión, tristeza, frustración o impotencia, al no poder hacer más cosas por el paciente y por su dependencia, y, sobretodo, requieren apoyo para superar la pena moral de saber que el deterioro físico y mental de su paciente es irreversible hasta que ocurra su fallecimiento de éste.

Por último, dentro del plano *social y familiar*, las principales necesidades del cuidador se enfocan en cómo manejar las consecuencias de cuidar a una persona adulta dependiente, tales como: la restricción de actividades de ocio y de relaciones sociales (aislamiento), además de cómo manejar la falta de reconocimiento de su labor por parte de otros miembros de la familia, o de la imposición – muchas veces obligada por otros familiares – de asumir su papel como cuidador.

C. Las TIC y la formación de profesionales de la salud

Es una realidad que el cuidado de una persona enferma o dependiente es una tarea compleja, larga y difícil de llevar a cabo, cuyo aprendizaje se extiende más allá de la formación teórica o profesional que posea el cuidador, puesto que requiere de una profunda comprensión de la naturaleza humana, involucrando la parte emocional, social y el manejo de las relaciones interpersonales, como herramienta fundamental. En el estudio [19], se ha confirmado la gran necesidad y disposición que presentan los cuidadores para capacitarse y de adquirir nuevos conocimientos que les permitan ofrecer cuidados inteligentes, confiados y seguros.

En este contexto, es importante que los familiares y cuidadores reciban un soporte y/o apoyo (interacción personal, valoración, retroalimentación, información y capacitación), que les facilite la comprensión de su rol como cuidador [11]. Lo anterior, se puede lograr mediante la adopción de herramientas TIC de fácil acceso. Las TIC pueden proporcionar apoyo al familiar y al cuidador, e incluso permitirles el acceso a entornos sociales (redes sociales), lo que conlleva a que tanto el paciente como el cuidador alcancen mayor autonomía, calidad de vida e inclusión social.

III. METODOLOGIA

Uno de los factores que más afectan en el éxito de las aplicaciones y/o sistemas TIC en la salud, es el entendimiento integral de las partes implicadas dentro del proceso de diseño, desarrollo y concepción de dicho sistema. Es por ello, que es importante tomar en cuenta en todas las fases de diseño y desarrollo a los usuarios finales, ya que este hecho puede contribuir a que dichos sistemas tengan mayor oportunidad de éxito y aceptación.

Dentro de este contexto, existen diversas filosofías de trabajo que tratan de implicar a los usuarios en los procesos de diseño, como es el enfoque de Diseño Centrado en el Usuario (DCU). Esta metodología es ampliamente aceptada para la creación de aplicaciones y/o sistemas utilizables, que tengan como objetivo satisfacer las necesidades –tanto generales como específicas- de los usuarios [20]. Entre los beneficios de los enfoques centrados en los usuarios y aplicadas al dominio sanitario figuran: mayor seguridad del paciente, mejores resultados de la práctica asistencial, reducción de costos en traslados y servicios y mayor satisfacción de los usuarios. Este trabajo propone una solución web dirigida a los cuidadores primarios que requieran de la capacitación para el manejo de personas dependientes y/o adultos mayores. A continuación se describe el modelo metodológico para el diseño de la solución web dirigida a cuidadores primarios.

A. Modelo Metodológico

De acuerdo con el análisis del enfoque DCU, se plantea un modelo metodológico que pueda ser aplicado en el ámbito sanitario, sobre todo que permita establecer un sistema personalizable, flexible y adaptable a las necesidades particulares del usuario final, y además que tome en cuenta los principios de diseño participativo y experiencia del usuario.

A continuación se detallan las 4 fases con las que cuenta el modelo metodológico propuesto en este trabajo:

- *Fase de Análisis.*- En esta fase se realiza un análisis del entendimiento del usuario, sus necesidades y su contexto. Se debe tener muy en claro las características y necesidades específicas de cada usuario, así como los diferentes tipos de usuarios, para que el sistema pueda adaptarse a las necesidades, usos y preferencias de cada usuario. Además se debe tomar en cuenta la implicación del usuario en todas las fases del modelo.
- *Diseño iterativo y participativo.*- Este paso permite que se obtengan prototipos funcionales y validados por los usuarios, con el fin de planificar qué componentes van a ser desarrollados posteriormente, y evaluar los componentes obtenidos hasta ese momento. Asimismo permite identificar cualquier discrepancia o errores cometidos en los pasos anteriores.
- *Fase de Implementación.*- Este paso se centra en la implementación de las funciones de cada elemento que compone la aplicación y/o sistema. Además de integrar estándares de navegación en el entorno web para que la interacción entre el usuario y el sistema sea fácil e intuitiva.
- *Fase de Evaluación.*- Esta fase se centra en la puesta en marcha de la aplicación y/o sistema, de acuerdo al diseño propuesto y a las mejoras realizadas en las fases anteriores. La retroalimentación final es continua y centrada en el usuario.

La figura 1 ofrece una visión general del modelo metodológico propuesto en este trabajo, el cual comienza con la búsqueda y recolección de las necesidades por parte de los usuarios y la implicación de estos últimos en todas las fases del modelo.

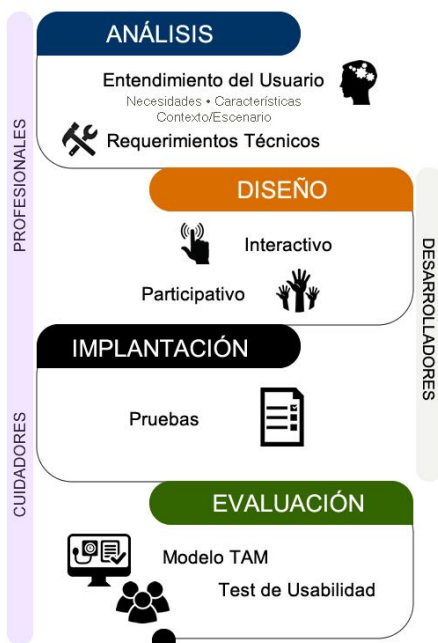


Figura 1. Modelo Metodológico Propuesto

A continuación, se describe la aplicación del modelo metodológico en el diseño y desarrollo de la solución web dirigida a cuidadores primarios.

B. Sistema de Talleres Virtuales

El sistema de talleres virtuales es un servicio web, que tiene como objetivo proporcionar talleres virtuales de capacitación a cuidadores primarios que cuidan de personas dependientes y/o adultos mayores, para que éstos realicen sus tareas de la mejor manera posible. Este funciona las 24 horas del día los 365 días del año y tiene como finalidad lo siguiente:

- Proporcionar programas y talleres para fomentar la autonomía personal del cuidador.
- Mejorar la calidad de vida de los cuidadores primarios.
- Capacitar a los cuidadores primarios en el manejo de pacientes dependientes.
- Asesoramiento individual y personalizado a los cuidadores.
- Propiciar un enlace entre el cuidador y otros cuidadores mediante la integración de un blog en donde se almacenen y discutan casos similares en foros abiertos, debidamente supervisados por personal especializado y que se lleven a cabo en tiempo real.

Para el desarrollo de este sistema se requirió del apoyo de un grupo multidisciplinar que se conformó por Gerontólogos, Psicólogos e Informáticos. Conjuntamente se tomaron en cuenta las opiniones de los usuarios –cuidadores– durante el

diseño y desarrollo de la solución web. Dentro de la fase de análisis se determinaron las principales necesidades que existen actualmente en los cuidadores primarios participantes. Para ello, se llevaron a cabo entrevistas cara a cara con profesionales de la salud que tuvieron contacto con cuidadores. Asimismo se llevaron a cabo entrevistas de forma presencial con cuidadores con la intención de conocer sus experiencias y entender cuáles son sus necesidades particulares de acuerdo al tipo de paciente que está a su cuidado.

A continuación se describen las necesidades de los cuidadores entrevistados: a) Asistencia y formación en temas relacionados en el manejo y cuidado de pacientes dependientes; b) Asesoría en el manejo de aspectos psicológicos (por ejemplo estrés, depresión, comunicación y paciencia.); c) Posibilidad de poder acceder fácilmente con información útil y relevante sobre el manejo de su cuidado y su estado de salud, y por último d) Contar con un sistema adaptado a las preferencias concretas de cada usuario. Cabe señalar que debido a la variedad de necesidades de cada cuidador, dentro del diseño de la solución web, se consideró la implementación de un formulario de validación, en donde se le solicita al cuidador ingresar ciertos datos tanto de él como de su familiar, con el objetivo de sugerirle qué temáticas pueden orientarlo de manera más directa y personal para realizar de la mejor forma su trabajo como cuidador (a).

Con el fin de atender a las necesidades y características mencionadas anteriormente, se consideró el uso de la plataforma colaborativa SharePoint Server. Esta plataforma es utilizada para el desarrollo de soluciones web con gran adaptabilidad a diferentes áreas de implementación. Algunas de las características que ofrece esta plataforma son: mejorar la experiencia del usuario, permitir la administración de contenidos y permitir la creación de herramientas personalizables, adaptables y flexibles. Una vez analizadas las necesidades y requerimientos de los usuarios, se continuó con el establecimiento de los prototipos funcionales del sistema, los cuales deben ser adaptables y flexibles a cada necesidad de los usuarios. Para ello fueron seleccionados 10 usuarios para validar los prototipos y componentes que integrarían el sistema de talleres virtuales.

El diseño del sistema fue pensado de tal manera que la capacitación del cuidador pudiera realizarse en cualquier lugar, momento y en cualquier dispositivo electrónico de transferencia de la información, con acceso a Internet. Este último requerimiento se obtuvo mediante la adopción de diseño responsivo, el cual permite redimensionar y colocar los elementos del sistema web de forma que se adapten visualmente a distintos dispositivos, permitiendo una mejor experiencia del usuario. De acuerdo a la retroalimentación recibida durante el diseño, el sistema cuenta con una interfaz intuitiva que facilita la interacción de los usuarios con el sistema sin necesidad de ser capacitados previamente.

Los prototipos funcionales muestran 13 talleres a través de los cuales se pretende dotar a los/as cuidadores/as de información, conocimientos y habilidades para que su tarea sea lo más gratificante y efectiva posible. Las temáticas que se abordan dentro de cada taller son: toma de signos vitales, higiene ergonómica para el cuidador, medicina alternativa,

comunicación asertiva, actividad física, prevención de la violencia, aprendiendo a amarme, orientación nutricional, higiene postural para el cuidador, duelo, habilidades cognitivas y farmacología. Después de ser validadas las propuestas funcionales, el siguiente paso consistió en la implementación de los talleres. La implementación de los talleres se realizó en ambientes de la nube, que permiten que el sistema de talleres sea móvil, fácil de usar y que se pueda tener visibilidad de los recursos en todo momento y en cualquier dispositivo (Ver Fig. 2).

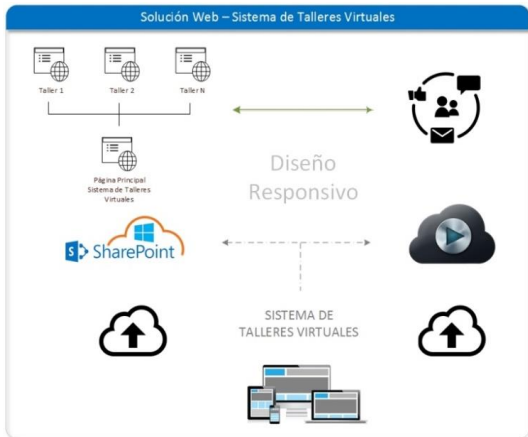


Figura 2. Esquema conceptual de la implementación del Sistema de Talleres Virtuales.

C. Funcionamiento y estructura de los talleres virtuales

Para que el familiar y/o cuidador pueda ingresar al sistema, es necesario su registro, el cual permitirá llevar un seguimiento personalizado del cuidador. Conjuntamente, antes de iniciar los talleres, todos los usuarios tendrán que responder un Test denominado “Esferas del cuidador”, el cual tiene como objetivo detectar aspectos negativos que afectan la salud física

y mental del cuidador.

Cada taller está compuesto por: sesiones, material multimedia, actividades o dinámicas, documentación de apoyo y evaluaciones de los temas vistos. El material multimedia permitirá que el cuidador conozca y analice, en el tiempo que él/ella disponga, las temáticas de cada taller. Entre los materiales con los que cuenta cada taller se encuentran: videos, galería de imágenes, e infogramas. En la figura 3 se muestran algunas interfaces del sistema de talleres virtuales.

Figura 3. Interfaces del Sistema de Talleres Virtuales. (a) Página Principal del Sistema de Talleres Virtuales; (b) Página de descripción general de los Talleres Virtuales, (c) Página Principal de un Taller Específico; (d) Página Principal de una sesión de un Taller.

Es importante mencionar que los resultados de la fase de evaluación se abordarán y se presentarán en trabajos posteriores, debido a que el sistema tiene poco tiempo de haber sido implementado en la nube y de haberse dado a conocer a los usuarios.

IV. CONCLUSIONES

Es un hecho que las TIC, se han convertido en herramientas indispensables para la mayoría de los sectores de la sociedad moderna, incluso en el ámbito sanitario, debido a que éstas facilitan el uso y el rápido acceso a la información. Al mismo tiempo eliminan barreras de accesibilidad y altos costos de servicio. Por tal motivo, en este artículo se plantea la importancia y necesidad de capacitar a los familiares y/o cuidadores de personas dependientes a través de la creación de talleres virtuales, debido a que muchas veces estos actores se ven abrumados en su quehacer como cuidador, ocasionando efectos negativos en su salud física, mental, emocional, laboral y psicológica y repercutiendo también en la vida psico-afectiva de su cuidando.

De acuerdo con el modelo metodológico establecido, los talleres virtuales creados, son potencialmente capaces de brindar un soporte de capacitación y/o formación a los cuidadores con mayor versatilidad y cobertura, facilitando así



la interacción permanente de los cuidadores. Un hecho significativo en el modelo metodológico propuesto es que se centra en las necesidades – tanto generales como específicas – de los usuarios con la finalidad de proporcionar una mayor seguridad, mejores resultados de la práctica asistencial y mayor satisfacción de los usuarios.

Al mismo tiempo creemos que esta solución puede ser una estrategia viable para que los cuidadores puedan mantener su autocuidado y la de su cuidado, sin sufrir mayor desgaste monetario, emocional y/o moral. Además que se pretende brindarles un apoyo psicológico previo a la pérdida de su paciente, sobre todo si además es un familiar que se encuentre en etapa terminal. De igual manera, la implementación de estos talleres virtuales busca reducir – o al menos frenar – el síndrome del cuidador desasistido (síndrome de Burnout).

Como futuros trabajos se plantea llevar a cabo la fase de evaluación de los talleres virtuales, la cual se abordará y se presentarán en trabajos posteriores. Asimismo se está trabajando en la creación de otras soluciones web de asistencia para el cuidador, con la finalidad de que este último cuente con asesoría psicológica, médica, nutricional y acceso a redes de apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido patrocinado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través del Programa Cátedras CONACyT en las instalaciones del Área Académica de Gerontología del Instituto de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH).

Los autores quieren agradecer a las alumnas Kathia Rubí García Sampallo y Diana Magdalena Aguirre Peralta por su apoyo en la planeación y diseño de las temáticas de los talleres virtuales.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] J. G. Bello Pineda, "Overload primary caregiver of patients with chronic degenerative diseases" "Sobrecarga del cuidador primario de pacientes con enfermedades crónico degenerativas," 2014.

[2] Organización Mundial de la Salud (OMS), "World report on aging and health" "Informe mundial sobre el envejecimiento y la salud," p. 245, 2015.

[3] B. Manrique Espinoza, A. Salinas Rodríguez, K. M. Moreno Tamayo, I. Acosta Castillo, A. L. Sosa Ortiz, L. M. Gutiérrez Robledo, and M. M. Téllez Rojo, "Health conditions and functional status of older adults in Mexico. Condiciones de salud y estado funcional de los adultos mayores en México," *Salud Publica Mex.*, vol. 55, no. 1, pp. 323–331, 2013.

[4] M. J. Prince, F. Wu, Y. Guo, L. M. Gutierrez Robledo, M. O'Donnell, R. Sullivan, and S. Yusuf, "The burden of disease in older people and implications for health policy and practice," *Lancet*, vol. 385, no. 9967, pp. 549–562, 2015.

[5] M. J. López Gil, R. Orueta Sánchez, S. Gómez-Caro, A. Sánchez Oropesa, J. Carmona de la Morena, and F. J. Alonso Moreno, "The role of carer for dependents and their repercussions on their quality of life and health " "El rol de Cuidador de personas dependientes y sus

repercusiones sobre su Calidad de Vida y su Salud," *Rev. Clínica Med. Fam.*, vol. 2, no. 7, pp. 332–334, 2009.

[6] C. J. Golics, M. K. Azam Basra, A. Y. Finlay, and S. Salek, "The impact of disease on family members: a critical aspect of medical care," *J. R. Soc. Med.*, vol. 106, no. 10, pp. 399–407, 2013.

[7] G. M. F. Pimenta, M. A. D. S. M. Costa, L. H. T. Gonçalves, and Â. M. Alvarez, "Profile of the caregiver of dependent elderly," *Rev. da Esc. Enferm. da USP*, vol. 43, no. 3, pp. 609–614, 2009.

[8] M. Crespo and J. López, "Support for caregivers of dependent elderly relatives at home: the development of program 'How to maintain your wellbeing'" "El apoyo a los cuidadores de familiares mayores dependientes en el hogar: desarrollo del programa 'Cómo mantener su bienestar,'" in Madrid: IMSERSO, 2007.

[9] N. Flores, C. Jenaro, L. Moro, and R. Tomsa, "Health and quality of life of family and professional caregivers of dependent elderly: a comparative study" "Salud y calidad de vida de cuidadores familiares y profesionales de personas mayores dependientes: estudio comparativo," *Eur. J. Investig. Heal.*, vol. 4, no. 2, pp. 79–88, 2014.

[10] A. I. P. Portero, "Burnout in primary caregivers of patients with Alzheimer: syndrome assistant unassisted" "Burnout en cuidadores principales de pacientes con Alzheimer: el síndrome del asistente desasistido," *An. Psicol.*, vol. 14, no. 1, p. 83, 1998.

[11] E. R. Massa, A. H. Lian, and A. M. Prieto, "ICT and social support: a response from nursing in Cartagena (Colombia). Las TIC y el apoyo social: una respuesta desde enfermería en Cartagena (Colombia)," *Salud Uninorte*, vol. 26, no. 2, pp. 325–338, 2010.

[12] M. Silano, "Health 2.0 and the healthcare in the digital era. La Salud 2.0 y la atención de la salud en la era digital," *Rev. Médica Risaralda*, vol. 19, no. 3, pp. 1–14, 2013.

[13] M. S. Moral Serrano, J. Juan Ortega, M. J. López Matoses, and P. Pellicer Magraner, "Profile and risk of mental illness in caregivers for home care patients. Perfil y riesgo de morbilidad psíquica en cuidadores de pacientes ingresados en su domicilio," *Atención Primaria*, vol. 32, no. 2, pp. 77–83, 2003.

[14] M. Reina, M. Camacho, and A. Causapé, "An analysis of caregiver profile and its impact on employment situation primary caregivers of patients of Alzheimer's and other dementias in the South Western of Spain," *Rev. Atlántica Econ.*, vol. 1, no. 2, p. 6, 2015.

[15] V. Lawrence, J. Murray, K. Samsi, and S. Banerjee, "Attitudes and support needs of Black Caribbean, south Asian and White British carers of people with dementia in the UK.," *Br. J. Psychiatry J. Ment. Sci.*, vol. 193, no. 3, pp. 204–6, 2008.

[16] Y. Hirakawa, M. Kuzuyab, H. Enokic, and U. Kazumasa, "Information needs and sources of family caregivers of home elderly patients," *Arch. Gerontol. Geriatr.*, vol. 52, no. 2, pp. 202–205, 2011.

[17] S. Alcione Leite, H. Jorge Teixeira, M. J. Cardoso Teixeira, and S. Freitas, "The needs of informal caregivers of elderly people living at home: an integrative review," *Scand. J. Caring Sci.*, vol. 27, no. 4, pp. 792–803, 2013.

[18] K. Stajduhar, L. Funk, C. Toye, G. Grande, S. Aoun, and S. Tood, "Part 1: Home-based family caregiving at the end of life: a comprehensive review of published quantitative research (1998-2008)," *Palliat. Med.*, vol. 24, no. 6, pp. 573–593, 2010.

[19] F. E. Martínez Cepero, "Learning needs of main carer for treatment of elderly presenting with type Alzheimer dementia. Necesidades de aprendizaje del cuidador principal para el tratamiento del anciano con demencia tipo Alzheimer," *Rev. Cubana Enferm.*, vol. 25, no. 3–4, 2009.

[20] C. I. Martínez-Alcalá, M. Muñoz, and J. Monguet-Fierro, "Design and Customization of Telemedicine Systems," *Comput. Math. Methods Med.*, vol. 2013, no. Article ID 618025, p. 16, 2013.

Minería de Datos Educativos: una visión holística

Educational Data Mining: an holistic view

Oswaldo Moscoso-Zea
Facultad de Ciencias de Ingeniería
Universidad Tecnológica Equinoccial
Quito, Ecuador
omoscoso@ute.edu.ec

Sergio Luján-Mora
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos
Universidad de Alicante
Alicante, España
sergio.lujan@ua.es

Resumen — La minería de datos (MD) agrupa un amplio número de técnicas y algoritmos que permiten extraer conocimiento de bases de datos para la toma de decisiones oportunas. La MD se ha aplicado a diferentes campos siendo uno de ellos el educativo. La aplicación de MD en el campo educativo se conoce como minería de datos educativos (MDE). El propósito fundamental de MDE es analizar datos de instituciones educativas mediante el uso de diferentes técnicas como: predicción, *clustering*, análisis de series de tiempo, clasificación, entre otras. Este artículo presenta una visión holística de MDE que abarca una clasificación de los algoritmos, métodos y herramientas usados en procesos de MD y un análisis de procesos e indicadores con potencial de mejoras en instituciones educativas. Este estudio abarca artículos presentados desde el año 2005 hasta el año 2015.

Minería de Datos Educativos; Gestión Educativa, Analítica de Datos; Gestión del Conocimiento.

Abstract — Datamining (DM) brings together a wide range of techniques and algorithms which allow the extraction of knowledge from databases for timely decision making. DM has been applied to different fields of study. One important research field is Education. Applying DM in education is known as educational datamining (EDM). The main purpose of EDM is to analyze data from educational institutions using different techniques such as: prediction, clustering, time-series analysis, classification, among others. This paper presents an holistic view of EDM including classification of algorithms, methods and tools used in DM processes. Furthermore, processes and indicators that could be improved are analyzed in educational institutions. This study covers papers presented from 2005 to 2015.

Educational DataMining; Educational Management; Data Analytics; Knowledge Management.

I. INTRODUCCIÓN

La minería de datos (MD) pretende resolver problemas complejos cuya solución no se puede hallar con técnicas tradicionales como la estadística. Esto se logra al descubrir patrones y predecir tendencias por medio del análisis de datos generados a través de los diferentes sistemas operacionales y transaccionales de una institución y que están almacenados en sus bases de datos [1]. Cuando se aplica minería de datos en instituciones educativas la disciplina se conoce como minería de datos educativos (MDE).

La MDE es una disciplina en evolución que usa tecnologías informáticas como son almacenes de datos y herramientas de inteligencia de negocios para descubrir tendencias y patrones

sobre datos educativos. El conocimiento que la MD genera apoya a las autoridades de centros de educación superior en la toma de decisiones oportunas y a los profesores para analizar el comportamiento y aprendizaje de sus alumnos [2]. La disciplina se enfoca en el diseño de modelos para mejorar las experiencias del aprendizaje y la eficiencia organizacional [3].

La MD es una tarea importante del proceso de descubrimiento de conocimiento en bases de datos conocido en inglés como *Knowledge Discovery in Databases* (KDD). KDD busca descubrir patrones y tendencias con la información almacenada en sus repositorios de datos [4]. Un proceso KDD puede ayudar a que una organización o institución educativa gestione sus recursos de una manera eficiente y pueda adquirir ventaja competitiva [5].

En este artículo se presenta una revisión bibliográfica que incluye artículos sobre MD y MDE desde el año 2005 hasta el año 2015. Los autores de los artículos revisados han analizado la disciplina de una forma puntual y específica, por ejemplo se analiza de forma separada procesos educativos, plataformas educativas virtuales, servicios y desempeño organizacional de instituciones educativas, sin analizar la disciplina de forma global. Además, durante la presente investigación se ha detectado que existe mucha confusión en los algoritmos y métodos de MD aplicables a MDE. Por otro lado, existe poca bibliografía de los indicadores de gestión que se pueden mejorar en las instituciones educativas.

Este artículo propone analizar las distintas posibilidades que ofrece la MDE y presentar una visión holística de la disciplina. La palabra holística plantea la concepción de una realidad como un todo, distinto de la suma de las partes que lo componen. En este artículo la visión holística se interpreta como un análisis global de la disciplina. Este análisis permite resolver los problemas detectados, proponiendo un orden para clasificar los algoritmos, métodos y herramientas. Además, se detallan los posibles escenarios para experimentar con MDE.

La estructura de este artículo es la siguiente: después de introducir el tema en esta sección, continuaremos en la sección 2 explicando los fundamentos de MD y de MDE y ejemplificando instituciones que se han beneficiado del uso de MDE. En la sección 3 presentaremos los resultados de la investigación incluyendo los algoritmos y métodos más usados por los investigadores. Además, se presentará un análisis de los contextos donde se ha experimentado con MDE para detectar

escenarios potenciales de experimentación. Finalmente, las conclusiones de la investigación se presentarán en la sección 4.

II. MINERÍA DE DATOS

El término “minería de datos” fue acuñado a inicios de los años 90 por la comunidad de investigadores de base de datos. También es conocido como “Arqueología de Datos”, “Recolección de Datos”, “Extracción de Conocimiento”, “Analítica de Datos” y es parte fundamental del proceso de descubrimiento de conocimiento en bases de datos KDD [6]. La MD es el proceso de emplear tecnologías de información para analizar y extraer conocimiento de la información contenida en repositorios de datos de la organización. El marco de referencia más usado para entender el ciclo de vida de un proyecto de MD es CRISP-DM, las fases principales como se muestra en la Figura 1 son: comprensión del negocio, comprensión de los datos, preparación de los datos, modelado, evaluación y despliegue.

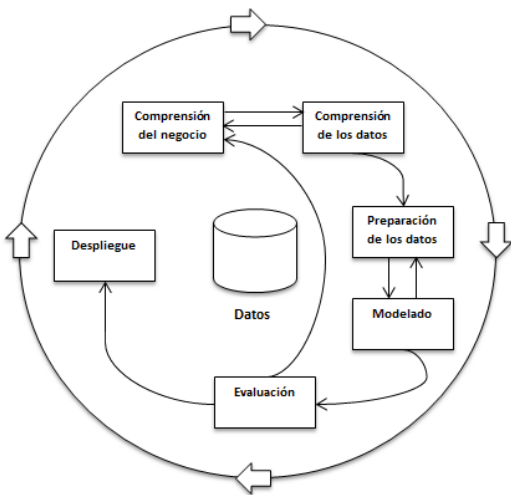


Figura 1. Fases del Modelo de Referencia CRISP-DM [7]

Para poder extraer conocimiento usando minería de datos se requiere la aplicación de uno o varios modelos o algoritmos. Estos modelos pueden ser descriptivos o predictivos [8]. Los modelos descriptivos usan modelos estadísticos como por ejemplo: distribución probabilística, correlación, regresión, análisis de clusters y análisis de discriminación. En los modelos descriptivos se conocen las características principales del conjunto de datos a analizar. Por otra parte, los modelos predictivos se basan mayormente en técnicas de aprendizaje automático (*machine learning*) y emplean inteligencia artificial [9]. Estos modelos se crean para predecir valores desconocidos de variables llamadas variables objetivo.

La variedad de aplicaciones para análisis de información en sectores comerciales, financieros, médicos, educativos o científicos, ha permitido el desarrollo de gran cantidad de métodos y algoritmos para predecir tendencias y descubrir patrones. Entre los más importantes se encuentran: *clustering*,

clasificación, regresión, análisis de desviación y análisis de cesta de mercado [10]. Estos métodos tienen una serie de soluciones como son: las redes neuronales, árboles de decisión o redes bayesianas. Por lo tanto es importante elegir el modelo de aprendizaje adecuado de acuerdo al problema a solucionar [11].

A. Minería de Datos Educativas

Al ser una disciplina nueva, no existe una definición ampliamente aceptada de MDE. Una definición que se ajusta a los objetivos de nuestra investigación es proporcionada por la International Society of Educational Data Mining “MDE es una disciplina en evolución, que tiene que ver con el desarrollo de métodos para explorar los tipos únicos de datos que provienen de ambientes educativos y por medio de la aplicación y uso de estos métodos una mejor comprensión de los estudiantes y el entorno en el que aprenden” [12].

La MDE usa métodos, herramientas y algoritmos de MD para investigar datos de interacciones de estudiantes y docentes con el sistema educativo, colaboración entre estudiantes, datos administrativos y datos demográficos. El proceso de MDE se muestra en la Figura 2. Se puede observar que existe una etapa previa de pre-procesamiento sobre los datos de los sistemas educativos. Los datos procesados son analizados eventualmente usando un repositorio basado en un modelo multidimensional [13] o relacional con algún algoritmo de MD y con la definición de un modelo. La interpretación del experimento permite evaluar y de ser necesario refinar el proceso con los resultados obtenidos.

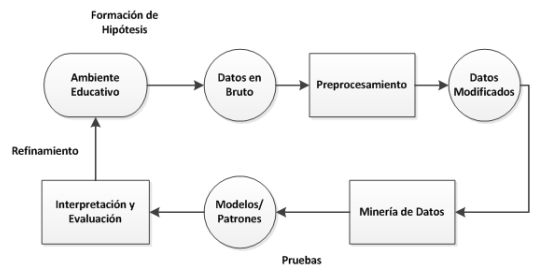


Figura 2. Descubrimiento de Conocimiento Educativo con Minería de Datos Basado en: [14]

La MDE explora el contexto organizacional de forma que puede ser clave para la mejora de indicadores como abandono estudiantil, tasa de graduación o en procesos de reestructuración y de gestión organizacional [15].

Existe una rama complementaria de MDE que se conoce como analítica del aprendizaje (AA), conocida en inglés como *learning analytics*. La principal diferencia entre ambas disciplinas es que MDE trata de descubrir conocimiento por medio de tareas automatizadas apoyadas por el juicio humano mientras que AA prioriza el descubrimiento de conocimiento basado en el juicio humano y se apoya en herramientas de automatización. Las diferencias de estas dos disciplinas se resumen en la Tabla 1 [16].

Tabla 1 Diferencias entre MDE y analítica del aprendizaje

Criterio	Diferencias	
	Minería de Datos Educativos	Analítica del Aprendizaje
Descubrimiento	El descubrimiento automatizado es clave; apalancar el conocimiento humano es una herramienta para cumplir esta meta	Apalancar el juicio humano es la clave; el descubrimiento automatizado es una herramienta para cumplir esta meta
Reducción y Holismo	Mayor énfasis en reducir en componentes y analizar las relaciones entre ellos	Mayor énfasis en entender los sistemas como un todo, en su complejidad total
Orígenes	Orígenes en software educativo y en modelamiento de estudiantes, con una comunidad de predecir los resultados de cursos	Orígenes en la web semántica "currículo inteligente", predicción de salidas
Adaptación y Personalización	Mayor importancia en adaptación automatizada (ej.: con la computadora y sin la intervención humana)	Mayor importancia en informar a instructores y estudiantes
Técnicas y Métodos	Clasificación, <i>clustering</i> , modelamiento bayesiano, minería de relaciones, descubrimiento con modelos, visualización	Análisis de redes sociales, análisis de sentimientos, analítica de influencia, análisis de discursos, predecir el éxito del estudiante

clustering, análisis de factores, análisis de redes sociales y descubrimiento de estructuras de dominio.

- Minería de Relaciones: El objetivo es descubrir relaciones entre ciertas variables de un conjunto de datos. Dentro de esta categoría se puede mencionar: asociación, correlación, minería secuencial de patrones y minería causal de datos.
- Descubrimiento con Modelos: Los resultados del análisis de minería de datos se utilizan para otro análisis posterior. Normalmente se obtiene un modelo a través de métodos de predicción.

Otra clasificación es presentada en el estudio de S. A. Kumar y Dr. Vijayalakshmi.M.N [18]. Esta clasificación muestra métodos de MD y los contextos educativos donde se aplica. El detalle se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 Clasificación de Métodos y Aplicaciones de MDE

Nombre del Método	Aplicaciones en MDE
Predicción	Detectar el comportamiento de los estudiantes. Desarrollo de modelos de dominio. Predecir los resultados de los estudiantes
Clustering	Descubrimiento de nuevos patrones de comportamiento de los estudiantes. Investigar similitudes y diferencias entre escuelas
Minería de Relaciones	Descubrir asociaciones curriculares en cursos
Descubrimiento con Modelos	Descubrir relaciones entre comportamiento de los estudiantes con las características de los estudiantes o variables contextuales. Análisis de preguntas de investigación dentro de una variedad de contextos
Destilación de Datos para Juicio Humano Secuencial	Identificación de patrones en el aprendizaje de estudiantes, comportamiento o colaboración; Etiquetar datos para uso posterior en desarrollo de nuevos modelos

B. Clasificación de métodos, algoritmos y herramientas de MDE

La MDE integra métodos, algoritmos y técnicas con los cuales se puede realizar diferentes experimentos y diseñar modelos para predecir u obtener patrones de datos educacionales. El objetivo de este artículo es presentar una visión holística de la disciplina, por lo cual se ha estudiado cuáles son los métodos, algoritmos y herramientas más usados por los investigadores de este campo científico, así como definir una clasificación global de los mismos.

Una clasificación de acuerdo al tipo de método de MD utilizado es propuesta por G. Siemens y R. Baker [17] y la detallamos a continuación:

- Métodos de Predicción: La meta de la predicción es diseñar un modelo que permita inferir en algún aspecto de los datos basándose en combinaciones de otros aspectos de los datos, por ejemplo se puede recolectar información de los abandonos de los estudiantes y con estos datos poder predecir para tomar acciones correctivas y preventivas (tutorías) sobre los nuevos estudiantes. Existen tres tipos que incluiríamos en esta categoría: clasificación, regresión y estimación de conocimiento latente.
- Algoritmos de Descubrimiento de Estructuras: Se trata de encontrar una estructura para los datos sin una idea previa de lo que se debería encontrar. El investigador trata de identificar cuál es la estructura natural de los datos. Dentro de esta clasificación se encuentran:

C. Beneficios de la MDE

Existe una serie de procesos, servicios e indicadores organizacionales que se pueden beneficiar del uso de MDE en instituciones educativas. Los posibles beneficios del uso de MDE son [5] [19] [20] :

- Caracterizar el comportamiento y los logros de los alumnos.
- Mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje (matriculación, tutorías, evaluación, graduación).
- Mejorar indicadores de gestión como: disminuir abandono de alumnos, aumentar tasa de graduación, tutorías personalizadas.
- Mejorar la infraestructura.
- Optimizar el uso de aulas y laboratorios.
- Mejorar la eficiencia organizacional.

D. Instituciones que han aplicado con éxito MDE

Existen muchas instituciones educativas que están analizando sus datos y obteniendo conocimiento para que estudiantes, docentes o administradores puedan ser más eficientes. En esta sección citaremos algunos ejemplos de lo que se está haciendo.

Pual Smith's College usa analítica del aprendizaje para incrementar la tasa de graduación de sus egresados; la Washington University se asoció con la compañía "Persistence Plus" para mejorar las evaluaciones de sus cursos en línea; la Open University usa sus datos históricos para mejorar las tasas de retención de alumnos [21]; la University of Georgia llevó a cabo un experimento usando técnicas analíticas para predecir la tasa de graduación y abandono estudiantil en un ambiente en línea [22]. En la Purdue University han usado MD para determinar que la evaluación en etapas tempranas y de forma frecuente permite cambiar los hábitos de los estudiantes con calificaciones bajo la media en cursos introductorios. El equipo de investigación ha desarrollado un sistema de alerta académica temprana para saber el desempeño de los estudiantes [23].

Los artículos analizados en esta investigación contemplan interacciones de estudiantes con el sistema educativo, colaboración entre estudiantes, datos administrativos y demográficos.

III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Existen un sinnúmero de modelos y algoritmos de minería de datos que se pueden aplicar en el contexto de MDE. En este artículo se presenta un análisis de aquellos modelos sugeridos por investigadores que pueden ser aplicados a distintos escenarios prácticos. Como fuente primaria de la investigación se condujo una búsqueda basada en Internet usando Google Académico. El enfoque fue crear consultas de búsqueda sobre un rango de tiempo desde el año 2005 al 2015, cubriendo palabras clave que puedan identificar artículos relevantes acerca de EDM. Las palabras claves utilizadas en la búsqueda fueron *Educational Data Mining*, *Data Mining* y *Learning Analytics*. Posteriormente se descargó los artículos relacionados al tema llegando a un nivel de hasta 10 páginas de búsqueda ya que en estas primeras páginas de resultados de búsqueda aparecen los artículos con más citas y por ende aquellos considerados más importantes y cuyo criterio de relevancia es que presenten revisiones o experimentos de MDE. El total de artículos revisados fue de 300. La siguiente tarea realizada fue la de descartar libros o artículos técnicos ya que el alcance de nuestra investigación abarca únicamente artículos científicos. Los artículos seleccionados para posterior análisis fueron 65.

A estos artículos restantes se los clasificó para analizar metas, tipo de algoritmo, método o técnica usada, tipos de herramientas tecnológicas usadas y aplicaciones. En esta sección se presentan los resultados de este análisis que esperamos permita tener una visión holística de la disciplina y de los problemas que se han analizado y posibles implicaciones de investigación para el futuro.

A. Métodos y algoritmos de MDE más usados

De los 65 artículos sobre MDE que se estudiaron, 23 de ellos eran artículos de estado del arte, descriptivos o *surveys*. Estos artículos se excluyen del presente análisis, ya que solo se tiene en cuenta la investigación primaria y no la secundaria. Los 42 artículos restantes sí mostraban experimentos realizados sobre datos educacionales y el detalle de los métodos, técnicas o algoritmos más usados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Métodos y algoritmos más usados en MDE en los años 2005-2015

Método o algoritmo	Nro. de experimentos
Clasificación	18
Clustering	14
Asociación	12
Predicción	8
Minería Secuencial Patrones	4
Outlier Detection	3
Minería de Texto	3
Análisis de Redes Sociales	2
Q-Matrix	2
Análisis de Factores	1
Procesos de Descisión Markov	1
LIFT	1

Se puede observar que la mayor cantidad de experimentos en MDE usan clasificación, clustering, asociación y predicción para resolver los casos de estudio. Es importante indicar que en algunos experimentos se usó más de una técnica por lo que el total no suma 42.

B. Herramientas de MDE más usadas

Como parte del estudio también se analizó los frameworks y las herramientas usadas para los experimentos realizados en los 42 artículos del estudio. El framework más usado para guiar el proceso de MDE es CRISP. Existe también artículos que trabajan con el enfoque PDCA (Plan, Do, Check, Act). Las herramientas usadas en los experimentos se muestran en la Tabla 4.

C. Procesos educativos donde se aplican los métodos y algoritmos

En esta sección se presenta un análisis realizado sobre la muestra de los 42 artículos de experimentos que fueron considerados en este estudio. De la revisión se observa que existen áreas prioritarias de experimentación como se muestra en la Tabla 5. Observamos que el escenario donde más experimentos se realizaron es el de predicción de evaluaciones o rendimiento de los estudiantes (21 experimentos), además 6 experimentos se realizaron para predecir el perfil y comportamiento de aprendizaje de los estudiantes. Se observa también que muy pocos investigadores analizan el potencial de dirigir experimentos para mejorar la toma de decisiones por medio de predecir los procesos organizacionales que son sujetos a perfeccionamiento.

Tabla 4 Herramientas usadas en experimentos de MDE

Herramienta	Meta
Cold Fusion	Lenguaje de programación para desarrollo de aplicaciones web diseñado para conectar de manera fácil páginas HTML a una base de datos
Microsoft SQL Server Analysis Services	Ofrece funciones de procesamiento analítico en línea (OLAP) y MD para aplicaciones de <i>Business Intelligence</i>
EDM workbench	Herramienta para descubrir información de datos de registro
Inq-ITS System	Realiza el seguimiento del progreso de los estudiantes usando algoritmos de minería de datos y reportes
Moodle Datamining Tool	Herramienta de minería de datos para Moodle desarrollado en Java, basado en Keel
RapidMiner	Plataforma libre para análisis predictivo usando machine learning y técnicas analíticas
R	Lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico
Weka	Colección de algoritmos de aprendizaje automático para tareas de minería de datos
KEEL	Herramienta de software usado en diferentes tareas de descubrimiento de conocimiento
SNAPP	Permite evaluar patrones de comportamiento del estudiante con el diseño de actividades de aprendizaje
AHA System	Recomendar los mejores links que puede visitar en un siguiente paso el estudiante
Knime	Plataforma de analítica para tratar de descubrir patrones en los datos y predecir tendencias
GISMO	Monitoreo gráfico interactivo que provee visualización de las actividades de los estudiantes
SPSS	Predecir de forma confiable el futuro para una mejor toma de decisiones
Sequential Mining Tool	Minería que ayuda a los profesores a descubrir información importante de alumnos
KEA	Software que usa un algoritmo para extracción de palabras claves de documentos de texto
DB Miner	Minería para descubrir distintos niveles de conocimiento en grandes bases de datos relacionales

En la investigación de N. Delavari, S. Phon-amnuaisuk y M. Beikzadeh [24] se presenta una clasificación de los procesos en instituciones de educación superior que podrían ser susceptibles de mejoras a través de técnicas de MD. Entre los procesos mencionados en el estudio se encuentran: evaluación, planificación, matriculación, bienestar del estudiante, tutorías, rendimiento estudiantil y docente. Podemos concluir que existe mucho campo de experimentación en las áreas de planificación y matriculación, ya que en los artículos escritos en los años objeto de este estudio existe poco análisis en estos procesos.

Tabla 5 Escenarios de utilidad de MDE

Escenarios de utilidad de MDE	Total
Predecir evaluaciones finales o rendimiento de los estudiantes	21
Predecir el perfil y comportamiento de aprendizaje de los estudiantes	6
Mejorar el soporte del docente	3
Mejorar la gestión de la colaboración en ambientes educacionales	3
Generación de consejos basados en datos históricos de estudiantes	2
Recomendar estudiantes links de navegación en sistemas web	2
Descubrir representaciones alternativas de datos en foros	1
Predecir abandono estudiantil	1
Selección de prácticas de forma adaptativa	1
Predecir como diferencias entre entornos de aprendizaje pueden aumentar o disminuir la probabilidad de juego.	1
Mejorar los procesos de toma de decisiones	1

IV. CONCLUSIONES

Este artículo presenta una visión holística de MDE y busca ser una buena fuente para investigadores que deseen experimentar con MD en el campo educativo en áreas como evaluación, matriculación, planificación, bienestar estudiantil, marketing, etc. MDE se proyecta como una disciplina esencial para la gestión universitaria que otorga visibilidad a los directivos para mejorar la toma de decisiones.

La MDE junto con la AA ha realizado ya contribuciones importantes en instituciones educativas para la mejora de los procesos del estudiante y el docente. En este artículo se han detallado los algoritmos y métodos existentes de MD que han sido usados en experimentos de MDE. Los métodos más utilizados son: clasificación, *clustering* y asociación. Además, hemos presentado las herramientas que soportan el análisis de MD para cubrir distintos escenarios y algoritmos.

De la investigación se observa que la mayoría de los experimentos realizados están enfocados en los procesos de enseñanza/aprendizaje, como predicción de evaluaciones, rendimiento y perfil de los estudiantes, así como proveer retroalimentación a los tutores o docentes.

Muchas áreas de interés para estudios posteriores han sido detectadas en este artículo. Áreas con gran potencial son la de planificación educativa y bienestar estudiantil de las instituciones de educación superior. Además se sugiere en investigaciones futuras profundizar en temas como: analítica del aprendizaje social, analítica del aprendizaje multimodal o MDE con Big Data.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] W. Ian and F. Eibe, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Second Edi. San Francisco: Elsevier B.V., 2005.
- [2] R. Jindal and M. D. Borah, "A Survey on Educational Data Mining and Research Trends," *Int. J. Database Manag. Syst.*, vol. 5, no. 3, pp. 53–73, 2013.
- [3] R. A. Huebner, "A Survey of Educational Data-Mining Research," *Res. High. Educ. J.*, pp. 1–13, 2013.
- [4] S. Mitra, S. K. Pal, and P. Mitra, "Data mining in soft computing framework: A survey," *IEEE Trans. Neural Networks*, vol. 13, no. 1, pp. 3–14, 2002.
- [5] L. A. O. P. Xavier, M. Oliveira, and E. K. Teixeira, "Teorias utilizadas nas investigações sobre gestão do conhecimento," *RISTI - Rev. Iber. Sist. e Tecnol. Inf.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–18, 2012.
- [6] Y. Peng, G. Kou, Y. Shi, and Z. Chen, "a Descriptive Framework for the Field of Data Mining and Knowledge Discovery," *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, vol. 07, no. 04, pp. 639–682, 2008.
- [7] P. Chapman, J. Clinton, R. Kerber, T. Khabaza, T. Reinartz, C. Shearer, and W. Rudiger, "Crisp-Dm 1.0," *Cris. Consort.*, p. 76, 2000.
- [8] L.-D. Chen, T. Sakaguchi, and M. N. Frolick, "Data Mining Methods, Applications, and Tools," *Inf. Syst. Manag.*, vol. 17, no. 1, pp. 65–70, Jan. 2000.
- [9] J. L. Hung and K. Zhang, "Data Mining Applications to Online Learning," *World Conf. E-Learning Corp. Gov. Heal. High. Educ.*, pp. 2014–2021, 2006.
- [10] M. J. Jafar, "A Tools-Based Approach to Teaching Data Mining Methods.," *J. Inf. Technol. Educ.*, vol. 9, pp. 1–29, 2010.
- [11] a F. Elgamal, "An Educational Data Mining Model for Predicting Student Performance in Programming Course," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 70, no. 17, pp. 22–28, 2013.
- [12] International Society Educational Data Mining, "Educational Data Mining," 2015. [Online]. Available: <http://www.educationaldatamining.org/>. [Accessed: 29-Jun-2015].
- [13] S. Luján-Mora, J. Trujillo, and I. Y. Song, "Extending the UML for Multidimensional Modeling," in *Lecture Notes in Computer Science*, 2002, vol. 2460, pp. 290–304.
- [14] S. Ventura and C. Romero, "Data mining in education," *WIREs Data Min. Know Discov*, no. August, pp. 12–27, 2013.
- [15] M. Bienkowski, M. Feng, and B. Means, "Enhancing teaching and learning through educational data mining and learning analytics: An issue brief," *Dep. Educ. Off. Educ. Technol.*, pp. 1–57, 2012.
- [16] G. Siemens and R. Baker, "Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration," *Proc. 2nd Int. Conf. Learn. Anal. Knowl.*, pp. 252 – 254, 2012.
- [17] R. Baker and G. Siemens, *Educational Data Mining and Learning Analytics*. Cambridge, UK, 2011.
- [18] S. A. Kumar and Dr. Vijayalakshmi.M.N, "A Novel Approach in Data Mining Techniques for Educational Data S.Anupama," *3rd Int. Conf. Mach. Learn. Comput. (ICMLC 2011) A*, no. Icmclc, pp. 152–154, 2011.
- [19] A. Peña-Ayala, "Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works," *Expert Syst. Appl.*, vol. 41, no. 4, pp. 1432–1462, 2014.
- [20] R. Baker and K. Yacef, "The state of educational data mining in 2009: A review and future visions," *J. Educ. Data Min.*, vol. 1, no. 1, pp. 3–17, 2009.
- [21] J. Bichsel, "Analytics in Higher Education Benefits, Barriers, Progress and Recommendations," 2012. [Online]. Available: <https://net.educause.edu/ir/library/pdf/ERS1207/ers1207.pdf>.
- [22] L. Morris, S.-S. Wu, and C. Finnegan, "Predicting retention in online general education courses," *Am. J. Distance Educ.*, vol. 19, no. 1, pp. 23–36, 2015.
- [23] P. Baepler and C. J. Murdoch, "Academic Analytics and Data Mining in Higher Education," *Int. J. Scholarsh. Teach. Learn.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–9, 2010.
- [24] N. Delavari, S. Phon-amnuaisuk, and M. Beikzadeh, "Data Mining Application in Higher Learning Institutions," *Informatics Educ.*, vol. 7, pp. 31–54, 2008.

USS: User Support System

J.D. Ornelas
Universidade da Madeira
Funchal, Portugal
2022410@student.uma.pt

J. C. Silva
EST/DIGARC, Instituto Politécnico
do Cávado e do Ave
Barcelos, Portugal
jcsilva@ipca.pt

José Luís Silva
Madeira-ITI / Universidade da
Madeira
Funchal, Portugal
jose.l.silva@m-iti.org

Abstract — Advances in usability and design techniques (e.g. user-centered design) try to facilitate the use of interactive systems. However, users still have to adapt to interactive systems, i.e. they have to learn the steps required to accomplish a task either by trial and error or by obtaining help. While advanced users are usually able to adapt without much effort this is far from being the case with beginners. Some interactive systems offer different interaction styles in an attempt to meet the needs of all types of user but this is not the case with all interactive systems. In this paper we present the USS framework, which aims to be the basis for the adaptation of interactive systems to user needs through task automation. The work is illustrated by means of a case study.

Keywords - Interactive systems, Picture-driven computing, Automation, Task Modeling, User support system.

I. INTRODUCTION

Users of current interactive systems still face several challenges. Besides current improvements in usability and intuitiveness users have to adapt to the systems proposed to satisfy their needs. For instance, they must learn how to achieve tasks, how to interact with the system, etc. Several styles of interaction have been developed over the years, from command-line interfaces to new paradigms such as 3DUI (3 Dimension User Interface) that uses for instance a Kinect as input and a CAVE as output. However, the menu remains the more common interaction style [13]. While the question/answer interaction style, being very simple and self-explanatory is adequate for beginners it is not so for advanced users [14]. Furthermore, this interaction style is usually not present in the majority of current systems. As an alternative most of the systems provide help or tutorials to assist users who have a low level of expertise.

Typically, users have to learn how to perform tasks by reading information (e.g. help and support) or by exploration (trial and error). In this context the work presented in this paper aims to provide the basis for an innovative method for users to interact with any developed interactive system, independently of the Operating System and without requiring access to the application source code [15]. The main goal is to enable an effective adaptation of interactive systems for users (beginners in particular) that would result in an increase in the system's usability and a decrease in the prior user knowledge required. This paper presents USS, a framework that provides the basis for improving user interaction with graphical user interfaces (GUIs), solving several usability and efficiency problems via task automation, enriched task models and picture-driven computing.

The article is structured as follows: Section II describes background concepts and presents some related studies; Section III presents the implemented approach; Section IV illustrates the work by means of a case study; finally, a discussion and conclusions are presented in Sections V and VI.

II. BACKGROUND

A brief description of some concepts is presented in this section to provide the reader with the basis for understanding the developed work. Related studies are described in the last section.

A. Task Automation

In Human-Computer Interaction the automation aims to simplify task execution by, for instance, reducing the number of steps/actions the user has to perform. Task automation might always appear to be beneficial but too much automation might lead to bad results [10]. To avoid such situations the understanding of what should or should not be automated is fundamental. Celia et al. [11] presented an approach to this end. Their work is based on task models to identify which tasks a user can perform in an interactive system and consequently the best automation level. Due to the complexity of frequent interactions these advances are not enough and users still need to have some previous knowledge in order to perform a task efficiently in an interactive system.

Ideally tasks are identified and consequently automated in the early phases of the development process. However, in systems already developed and/or without access to their source code other approaches must be considered (e.g. picture-driven computing). Parasuraman et al. [12] states that the automation can be performed at various stages of the interaction and on different classes of functions (i.e. acquisition, analysis, decision and execution). The automation of these classes might lead to varying implications in terms of performance, trust and cost. In regard to implementation the automation can be implemented with scripts or macros and can vary in its degree of complexity from no automation to full automation (where user participation is not required).

By identifying the interaction between the user and the system, task models represent an adequate starting point for achieving the goal of this work. Task models are hierarchical representations of the tasks that a user can perform in an interactive system and describe how each task can be performed. The two most recognized notations and therefore most frequently used to model tasks are: HAMSTERS [17] (Human-centered Assessment and Modeling to Support Task Engineering for Resilient Systems) and CTT

(ConcurTaskTrees) [18]. On one hand the HAMSTERS tool is an open source solution dealing with both small case studies (laboratory) and real situations (business) and requiring very little training/learning time. It is inspired by existing notations and tools, combining the advantages of all of them. The tool allows:

- 1) *the addition of conditions for the execution of tasks;*
- 2) *the representation of information flow between tasks;*
- 3) *the simulation of task sequence execution.*

On the other hand, the CTT notation is the most common approach to task analysis, being widely used both at the academic and industrial level. The CTTE (ConcurTaskTrees Environment) tool allows for the introduction of informal textual description of a user case/scenario. The tool supports simultaneous tasks, metric calculation, task performance evaluation and interactive simulation.

With regard to the stated features and after a trial period with both tools, we chose to use CTT because of its compatibility with complementary tools (in particular the MARIAE) that can be useful at a later stage of the work, and also because of the failings that have been detected in the HAMSTERS tool simulator.

B. Picture-Driven Computing

Picture-driven computing is useful in the automation of tasks in systems already developed and/or without access to their source code. Sikuli [15] is a picture-driven computing tool that uses image recognition to identify and control GUI components. Sikuli is the best known programming environment that makes use of the picture-driven paradigm. The software allows users to develop scripts that work on graphical user interfaces, through the use of screenshots of these GUIs, and allowing visual scripting and automation of actions on any graphical interface. Alternative solutions to Sikuli are Automa, RIATest and Eggplant Functional.

Automa [19] is a tool for Windows that automates repetitive tasks on interactive systems. The tool allows for workstation control using simple commands such as "start", "click" and "write". The sequence of input commands can be stored in a file which can be reproduced in different ways, by clicking on a button within a specified range or from a test management tool.

RIATest [20] is an automation tool for GUI tests. It is capable of automating any item on the screen, which is accessible through the Windows UI Automation API. The tool identifies an application's GUI elements through the Object Inspector, using simple but powerful location features. The tool allows the user to pause the execution of a script, edit it, and then continue, without restarting the execution.

Finally, Eggplant Functional tool [21] executes functional test automation, using an approach based on patterns of pictures. The tool enables the writing of tests in a very intuitive way. It uses sophisticated recognition algorithms to locate objects on the screen and thus control the device and perform the interaction in the same way that a user does. This approach allows the test of any technology on any platform to be made

from the user perspective. For example, to click on the "OK" button the program analyzes the screen through image recognition algorithms, finds the button and then triggers an event at the system level to click on the button.

C. Related work

The work of Eagan et al. [1] enables the reduction of the gap between what is provided by an application and what is expected by the users. Their approach allows the modification of the interface and behavior of an application at run time without source code access. Another related work is that of Yeh et al. [2] that provides help to GUI users at run time. Martinie et al. [4] presented an approach to provide contextual help about sequences of actions to be performed in order to make a given task available. Pangoli et al. [3] developed an approach to obtain task-oriented help from the user interface specification. Other bodies of work (e.g. [6]) have looked at the automation of the creation of graphical illustrations (as it can be time-consuming and expensive) for teaching users about a software application. Users learn more quickly by following tutorials illustrated by screenshots than by reading only text [7] but they often have difficulty in locating the interface element present in the tutorial [8]. Some works address this difficulty (e.g. [9]) but none execute the help in the interface; in other words, they do not provide help in automating the execution of the desired task.

Palanque et al. [5] looked at the generation of contextual help by adding annotation to the Petri net model used to build the GUI. His work addressed the generation of context-sensitive help from a model of Petri nets dialogue, by adding network notes. This method allows the analysis and verification of the dialogue specification in order to verify the interface behavior, and even automatically generate a contextual help system. Paternó et al. [3] describes another approach, i.e. a task-oriented approach that supports the automatic generation of help. The help information is structured according to user tasks (which are associated with interaction objects). The UI drawing is made, based on the specification of tasks involving the user view of the system functionality. This is used to produce the design of the UI and help.

In this section several approaches providing contextual help to users were presented. In this work we are interested in a different kind of help. Our focus is to provide automated/assistive execution of tasks instead of providing contextual help. This work aims to be a basis for interactive system adaption to user needs through task automation. The next sections describe the approach and its application to a case study.

III. APPROACH

The manual creation of Sikuli script for each interactive system is not a viable solution for adapting GUIs to user needs. Task models are usually available from the early phases of development. Using this fact, we have developed a framework (designed to be used by developers) enabling the automatic generation of parameterized Sikuli scripts from enriched task models. The automatic creation of Sikuli scripts is the main challenge for the adaptation of interactive systems to users. In

this section a description of each phase of the approach is presented: first, the presentation of the rules for the enrichment of the task model required for the automatic script creation; second, the steps to create the scenarios that complement the script creation process; and third, the details of the script creation process itself.

A. Task Model Enrichement

The original task models do not possess enough information for the script creation to be accomplished. Part of the missing information is the screenshots required by Sikuli scripts. For this purpose a notation was developed for inclusion of the screenshot location in the description field of each task (see Figure 1).

Another purpose of the description field is to include additional information of the Sikuli function to be used in the resulting script (e.g. waiting times, dialog messages, etc.).

Besides the inclusion of additional information in the description field of relevant tasks the names of the tasks must be adjusted according to the Sikuli script. For example, to show an information popup window, the name of the task must start with the *popup* reserved word followed by the name of the task. In the same way a set of similar rules have been developed for every possible situation and have to be satisfied for a correct enrichment of the task model.

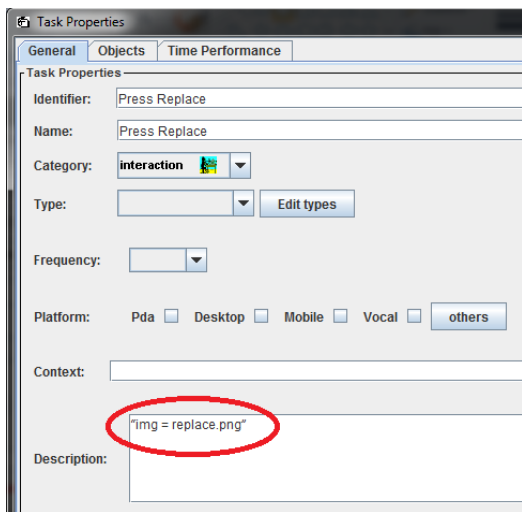


Figure 1 - CTTE task properties (description field)

B. Scenario Selection

From a task model, alternative sequences of steps might be executed to perform a task. There is consequently a need to identify the sequence to be used in the automation. Two

methods were identified to solve this issue. The first is based on the use of a functionality of the CTTE, i.e. the generation of Presentation Task Set List (can be seen as a finite state machine) from the task model. The second is based on a functionality of MARIAE that enables the simulation of task models and the selection of scenarios. As the first method was rejected for technical reasons (inconsistency of the system states generated) the second method was the one selected. This method consists of selecting the scenarios by performing a manual simulation of the task model to be automated. The simulation generates an XML file with the ordered sequence of steps accomplished. This file together with the enriched task model is the input required for the task automation to take shape via the execution of the script created.

C. Sikuli Script Creation Process

As stated previously the process requires an enriched task model together with the scenario of the task to be automated. The process is comprised of the following phases:

1. Extraction of relevant task names and associated images from the task model;
2. Extraction, from the scenario, of the order of steps required to execute the task;
3. Automatic creation of the Sikuli script based on the extracted information from phases 1 and 2.

Since both the task model and the scenario are represented by XML files, a library (i.e. XPath Parser) was used to extract the relevant information. After this step an algorithm was developed to manipulate the extracted information and generate the desired script.

In Figure 2, an overview of the generic process applied in the context of a small case study is presented. An automation script (i.e. Sikuli script) is the result of the process (right side of the figure). A partial description of the concrete CTT model was used and the resulting script is described in the following section.

IV. CASE STUDY – THE NOTEPAD EXAMPLE

This section is intended to illustrate the application of the approach with a small case study to facilitate the understanding of the process. Indeed, this approach has already been applied with success to more complex case studies (e.g. providing help to Blender users and to realize tasks involving different types of application). The Notepad editor is used world-wide and is relatively easy to use for the vast majority of users. However, newcomers to Information Technology systems might find it difficult to accomplish some tasks, mainly because they have not done something similar in their previous experience. The replace task was the one used to illustrate the application of the approach. Although simple, the task is complex enough to illustrate the validity of the approach.

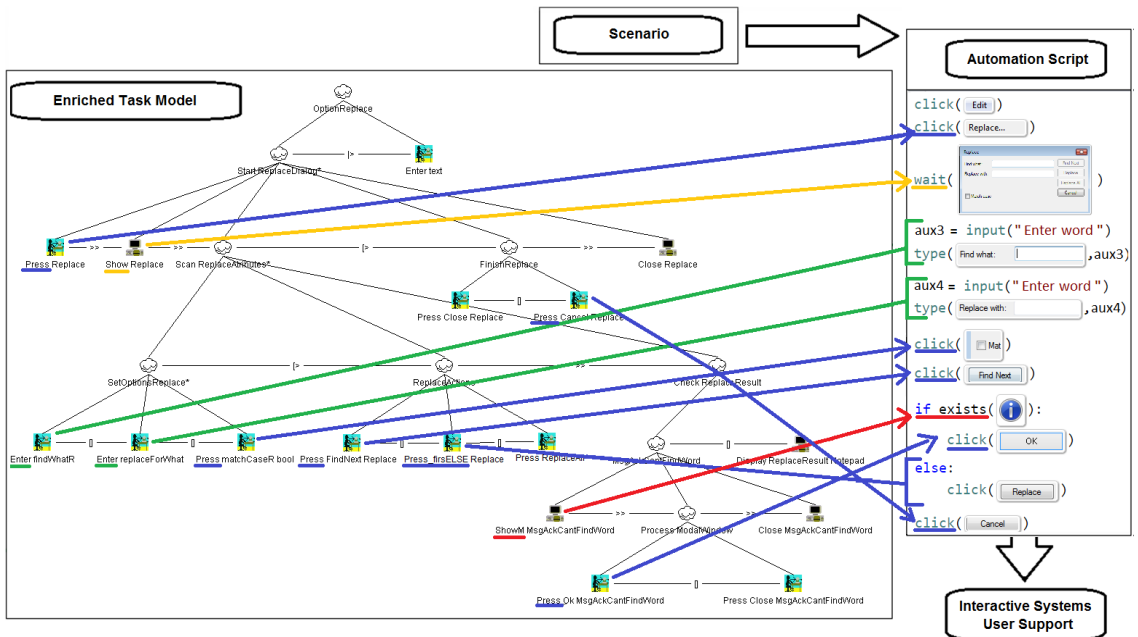


Figure 2 - overview of the script creation process applied to the Replace task of the Notepad example

A. The Replace Task

The CTT model of Figure 2 represents the steps that must be performed to accomplish the task of replacing words in the Notepad. A brief explanation of the task modeled is described by considering a part (see Figure 3) of the whole CTT model of Figure 2.

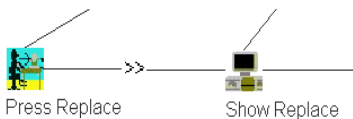


Figure 3 – task of the Replace task model

An Interaction Task (*Press Replace*) that represents the interaction of the user with the application (the user has to press the *Replace* button) and an Application Task (*Show Replace*), representing the realization of a task by the application (the application shows the result of interaction made by the user), are represented. These tasks are connected by a CTT *sequential enabling* temporal operator (>>) meaning that the task on the right of the operator starts when the execution of the task on the left is finished. This is represented in the resulting script (see right side of Figure 2) with a sequence of two commands (*Click* and *Wait*). The *Click* command performs a click on the element represented by the image passed as argument. The *Wait* command waits for the image passed as argument to appear. In this case the image is the *Replace* modal window (see right side of Figure 2) that appears as a consequence of the user click on the *Replace* button.

Other operators and types of task are used in the task model. These are translated to the script in a similar way.

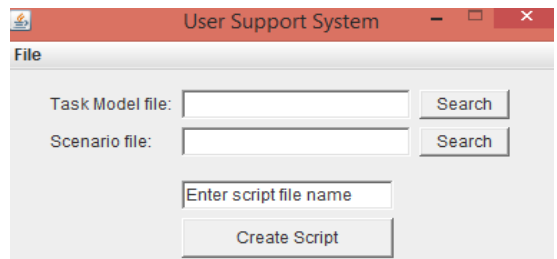


Figure 4 - USS framework GUI

B. USS Graphical User Interface

The GUI of the USS framework is presented in Figure 4. It has two text boxes that must be filled with the paths to the enriched task model and scenario files respectively. Then on pressing the *Create Script* button, the Sikuli script is generated (with the name specified in the respective textbox). The generated script can then be used (just by executing it) for the task automation of any interactive system. Developers can use the USS framework to create the scripts associated with the widgets of a simplified version of any (or set of) existent GUIs. A discussion about the use of USS is covered in the next chapter.

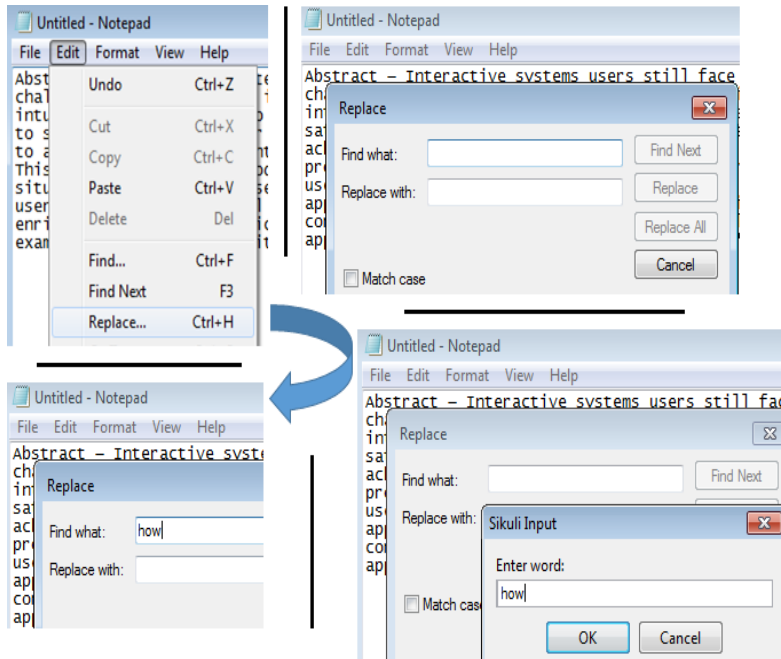


Figure 5 - Initial steps of the script execution

C. Script Execution

Once Sikuli scripts have been generated, task automation can be performed. Figure 5 illustrates the initial execution of the script automatically generated in this example. The execution of the first two *click* commands of the script (see right side of Figure 2) corresponds to the steps of the first image (upper left hand side) of the process represented in Figure 5. The *wait* command matches the second image (upper right hand side). The instruction `aux3 = input("Enter word")` corresponds to the third image where Sikuli asks the user about the word to be replaced. After the introduction of the word by the user (*how* in this example – see last image of Figure 5) the next Sikuli script instruction is executed (*type*) with the word provided as a parameter, as well as a screenshot of the location where the input has to be introduced (Figure 2). This means that the word to be replaced is inserted in the replace modal window. The execution of the script continues following a similar process resulting in the interpretation of the script instructions. At the end, the task is automatically executed. However, as the execution of this task depends on concrete values provided by the user (the word to be found and the word to be used in the substitution), the user must provide them during the execution. Nevertheless, the advantages of the approach remain as the system adapts to the user needs, helping them to complete the tasks. The example used is very simple, but we believe it clearly demonstrates the benefits of the approach.

V. DISCUSSION

This approach serves as a basis for assisting beginners, without (or with little) knowledge about a GUI, to perform a task. They do not need to know which button has to be pressed, textbox to be filled or the valid sequence of steps required to accomplish a task. The case study used is simple but replicable in more complex systems as has already been the case (e.g. providing support to use Blender). The rationale behind the selection of this case study was to simplify the explanation of the implementation and make it easier to understand. By using this simple explanation, we believe the reader can more easily identify the benefits of the approach (already extrapolated to more complex examples). We are aware that in the case study presented, the work required by users to accomplish the task was not significantly reduced; however, the main goal here was to assist users to perform a task. This was done by presenting the potential of the approach rather than its application to an extensive case study.

The decision about which task or which part of a task will be automated is the responsibility/decision of the USS users (i.e. the developers). This decision will obviously influence the user. It should be noted that the execution of the generated scripts by end users of an application should be triggered by more descriptive widgets to avoid repeating part of the problems with the original GUI. As a side note, we are planning, in the future, to create a simplified version of a (and set of) complex application(s).

An aspect that influences the use of the framework is the use of task models. When the users of the USS framework are developers of the system to be enhanced, they usually have access to the task models (developed in the early phases of the development). Consequently, they have only to enrich them by following the rules, which are quite straightforward. However, the development of task models that reflect the current behavior of the system might be necessary when access to a developed version is not possible. When required this step might be time-consuming, but the alternative would be to develop concrete Sikuli scripts manually for each task, which in the long term would be even more time-consuming.

The USS framework still has a few drawbacks such as the current limited capacity of the Sikuli scripts to automate the interaction with some specific widgets (e.g. scrollbars, sliders or spinners). Yet, developers of Sikuli have plans to overcome those limitations. Another limitation is related to the screen resolution and the personalized theme of the Operating System (OS) that can both affect the computer version of Sikuli's algorithm. This might mean that images included in a script could not work for different customizations of the same OS. This might lead to complications (requiring some manual adjustments to the script) in the future use of the framework for the integration of different applications running on the same OS. Some existing solutions (e.g. macros) provide automated execution of tasks but they cannot be parameterized (several scripts have to be created) and they do not enable the execution of tasks involving different applications.

VI. CONCLUSIONS

The use of interactive systems by beginners is often difficult [13]. Improvements in usability, design and help systems are trying to address this issue but some problems still remain. This paper presents the USS framework which aims to be the basis for the adaptation of interactive systems for users through automation and using task models and picture-driven computing. The process used was described and results presented and discussed by means of a case study. Besides some current limitations planned to be solved in future projects, this approach can be helpful in the use of interactive systems. The ultimate goal of the work will be to provide, using the USS framework, a simplified GUI of any interactive system independently of the Operating System and without access to the application source code. This will provide the basis for the adaptation of the GUI for the users and not the opposite as is currently the case. Those improvements will: i) enable the addition of new tasks to an existing interactive system and/or joining together independent systems; ii) make the use of interactive systems more efficient. Evaluations of the framework both at developer and end-user level are planned as future projects.

ACKNOWLEDGMENTS

This work is funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) - PEst-OE/EEI/LA0009/2015.

REFERENCES

[1] James R. Eagan, Michel Beaudouin-Lafon, and Wendy E. Mackay. 2011. Cracking the cocoa nut: user interface programming at runtime. In Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface

software and technology (UIST '11). ACM, New York, NY, USA, 225-234.

[2] Tom Yeh, Tsung-Hsiang Chang, Bo Xie, Greg Walsh, Ivan Watkins, Krist Wongsuphasawat, Man Huang, Larry S. Davis, and Benjamin B. Bederson. 2011. Creating contextual help for GUIs using screenshots. In Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '11). ACM, New York, NY, USA, 145-154.

[3] S. Pangoli and F. Paternó. 1995. Automatic generation of task-oriented help. In Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology (UIST '95). ACM, New York, NY, USA, 181-187.

[4] Célia Martinic, Philippe Palanque, David Navarre, Marco Winckler, and Erwann Poupart. 2011. Model-based training: an approach supporting operability of critical interactive systems. In Proceedings of the 3rd ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems (EICS '11). ACM, New York, NY, USA, 53-62.

[5] Philippe A. Palanque, Rémi Bastide, Louis Dourte: Contextual Help for Free with Formal Dialogue Design. HCI (2) 1993: 615-620

[6] Piyawadee Sukaviriya and James D. Foley. 1990. Coupling a UI framework with automatic generation of context-sensitive animated help. In Proceedings of the 3rd annual ACM SIGGRAPH symposium on User interface software and technology (UIST '90). ACM, New York, NY, USA, 152-166.

[7] Harrison, S. M. A comparison of still, animated, or nonillustrated on-line help with written or spoken instructions in a graphical user interface. Proc. CHI'95, 82-89, 1995.

[8] Knabe, K. Apple guide: a case study in user-aided design of online help. Proc. CHI'95 286-287, 1995.

[9] Bergman, L., V. Castelli, T. Lau, and D. Oblinger. DocWizards: a system for authoring follow-me documentation wizards. Proc. UIST'05, 191-200, 2005.

[10] Guy A. Boy. 1998. Cognitive function analysis for human-centered automation of safety-critical systems. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '98), Clare-Marie Karat, Arnold Lund, Joëlle Coutaz, and John Karat (Eds.). ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., New York, NY, USA, 265-272.

[11] Célia Martinic, Philippe Palanque, Eric Barboni, Martina Ragosta. Task-Model Based Assessment of Automation Levels: Application to Space Ground Segments. IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Anchorage. IEEE Computer Society - Conference Publishing Services, 2011.

[12] R. Parasuraman, T. B. Sheridan, and C. D. Wickens. 2000. A model for types and levels of human interaction with automation. Trans. Sys. Man Cyber. Part A 30, 3 (May 2000), 286-297.

[13] O. Al-Shara and A. Dix. Graphical user interface development enhancer (guide). 2004.

[14] Jenifer Tidwell. Designing Interfaces: Patterns for Effective Interaction Design. 2005. O'Reilly Media, Inc.

[15] Tom Yeh and Tsung-hsiang Chang and Robert C. Miller, Sikuli: Using GUI Screenshots for Search and Automation, 2009.

[16] Silva, J. C., and J. L. Silva, A Methodology for GUI Layer Redefinition through Virtualization and Computer Vision, Computational Science and Its Applications (ICCSA), 2014 14th International Conference on, pp. 58-63, June, 2014.

[17] Racim Fahssi, Célia Martinic, Philippe Palanque. HAMSTERS : un environnement d'édition et de simulation de modèles de tâches (Démo). Interaction Homme-Machine 2014 (IHM). ACM DL.

[18] Li, Jiao and Liying, Feng and Qing, Xue and Shi, Zhang and Xu Yiliu, Interface Generation Technology Based on Concur Task Tree", International Conference on Information, Networking and Automation (ICINA), pages 350-354. 2010.

[19] Next generation GUI automation. 2016, January 29. Retrieved from <http://www.getautoma.com/>

[20] Automate testing of web applications. 2016, January 29. Retrieved from <http://www.cogitek.com/riatest.html>

[21] eggPlant range, Test automation tools. 2016, January 29. Retrieved from <http://www.testplant.com/eggplant/>

Una Comprensiva Revisión de los Métodos de Recomendación basados en Técnicas Probabilísticas

A Comprehensive View of Recommendation Methods based on Probabilistic Techniques

Priscila Valdiviezo-Díaz

Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
pmvaldiviezo@utpl.edu.ec

Antonio Hernando

Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España
antonio.hernando@upm.es

Resumo — Esta investigación tiene como objetivo utilizar un método de recomendación híbrido basado en técnicas probabilísticas y de modelado de tópicos que brinde al usuario recomendaciones más ajustadas frente a los modelos de recomendación tradicionales. Este artículo presenta una revisión comprensiva de los métodos de recomendación para sistemas basado en contenido y filtrado colaborativo. Entre los métodos analizados están las Matrices de Factorización Probabilística y el método de Asignación Latente de Dirichlet. La revisión de la literatura entorno a estos modelos se centra en la identificación de problemas y cuestiones abiertas que pueden ser abarcadas para futuras investigaciones. Se analiza el funcionamiento de algunos modelos de recomendación que integran técnicas de factores latentes y de modelado de tópicos, que serán de base para comparar los resultados obtenidos con el modelo híbrido.

Palabras Clave – sistema recomendador, matriz de factorización, modelo de tópicos, asignación latente de Dirichlet

Abstract — This research aims to use a hybrid recommendation method based on probabilistic techniques and topics modeling that provide recommendations most close fitting the user compared to other traditional recommendation models. We carry out a comprehensive review of the recommended methods for content-based systems and collaborative filtering, mainly in the domain of recommending movies. The methods discussed are the matrix factorization and Latent Dirichlet Allocation method. The literature review around these models focuses on identifying problems and open issues that may be covered for future researches. Also, we analyzed the recommendation models that integrate latent factor methods and topics modeling, which will be used to compare results obtained with the hybrid model.

Keywords – recommender system; factorization matrix; topic model; Latent Dirichlet Allocation.

I. INTRODUCCIÓN

El gran volumen de información disponible en Internet hace que los usuarios inviertan gran parte de su tiempo en buscar y obtener información relevante de esta red. En general cada vez hay más productos y servicios disponibles en Internet que son de interés de los usuarios con gustos y preferencias diferentes. De ahí que, los sistemas de recomendación (SR) se convierten

en una alternativa para ayudar a los usuarios a obtener información precisa y personalizada de grandes repositorios de información que pueden estar disponibles en Internet.

Los sistemas de recomendación son ampliamente utilizados en la Web para recomendar productos y servicios a los usuarios [1]. En estos sistemas, recomendaciones personalizadas sobre los ítems son generados a través de la predicción de las preferencias de usuarios [2], basados en el análisis de las preferencias pasadas o en las preferencias de usuarios similares.

Algunas técnicas de filtrado de información se pueden utilizar en los sistemas de recomendación, entre ellas, las más conocidas son: filtrado basado en contenido (CBF) y el filtrado colaborativo (CF) [3]. En estos sistemas de recomendación, los comportamientos de los usuarios se ven influenciados por los intereses ocultos de los usuarios [4], información que es muy importante conocer para proporcionar mejores recomendaciones.

En la literatura se puede encontrar algunos trabajos relacionados a los Sistemas Recomendadores aplicados a una variedad de ámbitos como el comercio electrónico, educación, salud, etc., donde es necesario el uso de ciertas técnicas y métodos para el proceso de recomendación, entre ellos están los métodos de Matriz de Factorización [5] que actualmente están recibiendo mayor atención principalmente en la descomposición de variables latentes. El método Latent Dirichlet Allocation (LDA) [6] también es otro modelo latente que puede ser utilizado para encontrar contenido semántico oculto en un corpus de texto. Ambos modelos actualmente han sido extendidos para ser utilizados en sistemas recomendadores para modelar las preferencias del usuario como factores latentes.

Con el fin de clarificar todas las cuestiones involucradas en los sistemas recomendadores basados en métodos probabilísticos, en las siguientes secciones se presenta el estado del arte realizado en este trabajo, enfocándonos en los métodos de recomendación para sistemas basado en contenido y filtrado colaborativo. Entre los métodos analizados están las Matrices de Factorización Probabilística (PMF, por sus siglas en inglés)

y el método de Asignación Latente de Dirichlet (LDA, por sus siglas en inglés) para el modelado del contenido de los ítems como factores latentes. Como parte de la revisión de la literatura se presenta también algunos de los problemas encontrados y las cuestiones abiertas que pueden ser abarcadas para futuras investigaciones. Seguidamente, se presenta una breve descripción del análisis del funcionamiento de algunos de los algoritmos que van a ser utilizados en esta investigación. Finalmente, se presentan las conclusiones de este trabajo.

II. ESTADO DEL ARTE

En este apartado se presentan los enfoques de recomendación mayormente utilizados en sistemas recomendadores y métodos probabilísticos relacionados con el modelado de factores latentes, como aquellos basados en matrices de factorización [5] y el modelado de tópicos [7]. En nuestro caso el principal enfoque está en los modelos de matriz de factorización probabilística [8] y los métodos de Asignación Latente de Dirichlet [6] que trabajan sobre documentos, puesto que la idea es utilizar un modelo que combine ambas técnicas.

A. Enfoques de Recomendación

En la literatura se puede encontrar diferentes enfoques de sistemas recomendadores, en este caso presentamos los más conocidos, por ejemplo en [9] se mencionan:

Sistemas basados en contenido: que pueden ser diseñados para recomendar ítems similares a los que al usuario le han gustado en el pasado [10]. En este tipo de filtrado el contenido de los ítems es importante para predecir su relevancia basado en un perfil de usuario, el cual incluye los gustos, preferencias y otras características, y sólo los ítems que tienen un alto grado de similitud con el perfil del usuario son recomendados [11]. En este sentido el top-N de los mejores ítems o ítems más similares se recomiendan al usuario.

Sistemas de filtrado colaborativo: Estos sistemas basan sus predicciones y recomendaciones en las calificaciones o comportamiento de otros usuarios en el sistema [12]. Buscan similitud entre usuarios y hacen sugerencias de ítems que fueron considerados por otros usuarios en el pasado, en otras palabras, identifica ítems basándose en las opiniones de usuarios “similares” al que se le va hacer la recomendación, y tiene la capacidad de formar grupos de usuarios afines a un mismo ítem. Generalmente las técnicas de filtrado colaborativo se agrupan dentro de dos categorías: basada en memoria y basada en modelos. Los sistemas recomendadores basados en memoria usan el método KNN (K-Nearest-Neighbour, por sus siglas en inglés), para predecir los ratings que los usuarios darían a los ítems [13] [14]. Los sistemas recomendadores basados en modelos, utilizan un modelo para predecir los ratings que hacen los usuarios. Los algoritmos de esta categoría incluyen enfoques como matrices de factorización [15], basados en grafos [2] [16] y otros modelos de factores latentes.

Sistemas híbridos: Combinan dos o más enfoques de recomendación para tener un mejor funcionamiento. Se utilizan comúnmente el filtrado colaborativo con otra técnica que reduzca problemas de recomendación con nuevos ítems. Estos sistemas tratan de mejorar todas las limitaciones que tienen los demás tipos de sistemas recomendadores.

B. Matrices de factorización

Son métodos de filtrado colaborativo basado en modelos [15], donde la idea general es modelar las interacciones usuario-ítem como factores que representan características latentes de los usuarios y los elementos del sistema.

En [17] los métodos de factorización matricial consisten en descomponer en factores una matriz de datos. Esta técnica juega un importante rol en diversos campos, por ejemplo, en sistemas de recomendación, los modelos de matriz de factorización mapean usuarios e ítems en un espacio de factores latente de dimensionalidad f , donde una alta correspondencia entre los factores de los usuarios y los ítems conduce a una recomendación [3].

A fin de evitar el sobre ajuste (overfitting), se debe regularizar los parámetros aprendidos, cuyas magnitudes son penalizadas. En [8] se ofrece una base probabilística para la regularización, que se presenta como una factorización probabilística de matrices. El modelo de matriz de factorización probabilística es un simple modelo de análisis factorial, que consiste en un modelo lineal gaussiano de variable latente restringido.

En este modelo se define la distribución condicional sobre las calificaciones observadas, R_{ij} que representa el rating del ítem i por el usuario u , dada por las matrices latentes U y V [6] [10]. La predicción del rating se lleva a cabo multiplicando el vector de usuario correspondiente y vector de ítems U_u y V_i respectivamente.

C. Método de modelado de tópicos: LDA

La Asignación Latente de Dirichlet (LDA) es un modelo generativo probabilístico no supervisado para modelar grandes corpus de texto, y generar aleatoriamente los documentos que se observan en este corpus [6]. En este modelo se asume que existen varios temas para un corpus y un documento puede ser tomado como una bolsa de palabras ($w_{i,j}$) que son generados por estos temas [20]. Donde, cada documento es modelado como una mezcla aleatoria sobre tópicos que son latentes, y cada tópico se caracteriza como una distribución de probabilidad sobre las palabras, es decir, distribuciones multinomiales que consisten en dar a cada palabra del vocabulario una probabilidad, donde las palabras con alta probabilidad están más asociadas con ese tópico que las palabras con baja probabilidad [6] [21]. Los tópicos son considerados como grupos (clústeres) de palabras que vienen junto con cierta probabilidad, en este caso cada clúster es un tópico.

En trabajos como [11] se ha demostrado que LDA es capaz de capturar la información semántica latente de una colección de documentos, superior en comparación con varios otros modelos. En sistemas recomendadores LDA ha sido utilizado para el análisis del contexto en métodos basados en contenido [20]. En [12], los usuarios son representados por sus factores latentes (como una distribución $P(k|u)$, que son instancias de una variable aleatoria extraída de una distribución de Dirichlet, donde k es una variable latente que pertenece al conjunto de tópicos latentes K . Este modelo requiere de dos hiperparámetros que se pueden aprender, α y β , donde α hace referencia a un vector de parametrización de la distribución de

Dirichlet, a partir de la cual se extraen los usuarios, y β , es representada por una matriz de probabilidad de tópicos – ítems, representada por $P(i|k)$. LDA también puede ser utilizado en sistemas recomendadores basados en filtrado colaborativo, donde se asume que los documentos y las palabras en el documento son análogos a los usuarios e ítems respectivamente [6] y los tópicos llegan a ser los intereses ocultos [4]. Además, como se observa en la figura 1., el número de ocurrencias de cada palabra en el documento, se puede asumir como el rating que el usuario ha dado a cada ítem.

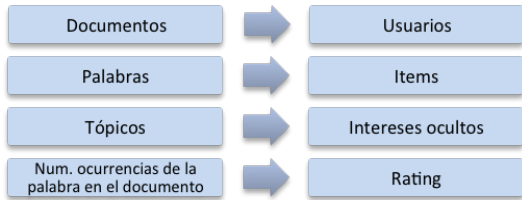


Figura 1. Analogía entre los elementos del método LDA basado en contenido frente al de filtrado colaborativo

En este caso, los tópicos latentes son asumidos para ser distribuidos multinomialmente sobre los usuarios, y los ítems del usuario se supone que se distribuyen multinomialmente sobre tópicos latentes. Además, cada usuario se representa como una distribución de probabilidad sobre los tópicos y cada tópico es una distribución de probabilidad sobre los ítems, que de acuerdo a [4], éstos pueden tener múltiples características, que pertenecen a muchos intereses o preferencias latentes. Al mismo tiempo, con los tópicos latentes descubiertos, es posible derivar ítems similares con mayor precisión para comprender las necesidades de los usuarios y hacer recomendaciones más relevantes para ellos [11]. La extracción de los intereses del usuario con LDA es un proceso de inferencia de la variable latente, luego de este proceso el valor de estas variables latentes deben maximizar la distribución posterior de la totalidad de los registros de rating del usuario [4].

Adicionalmente, con el objeto de clarificar mejor lo analizado en el estado del arte, se presenta un esquema que resume algunos de los elementos involucrados en este trabajo.

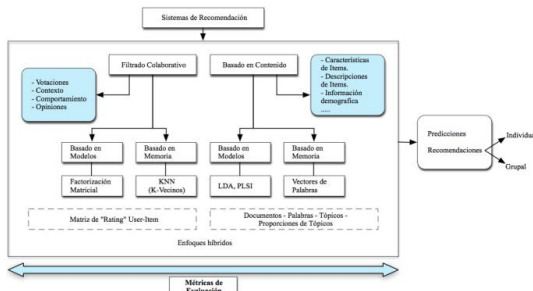


Figura 2. Esquema del estado del arte

III. PROBLEMAS ENCONTRADOS

De acuerdo a [22], el problema principal de la recomendación para sistemas basados en filtrado colaborativo, es la estimación de ratings para los ítems aún no vistos por el usuario. La mayoría de los sistemas de recomendación se

encuentran con el problema de escasez de datos y el problema de arranque en frío (cold-start) [23], esto es, cómo proporcionar recomendación a los nuevos usuarios que han expresado muy pocas calificaciones.

Basados en estas premisas, se detallan los problemas identificados en la revisión de la literatura agrupados en base a los temas principales cubiertos en este estudio: enfoques de recomendación y métodos analizados para la recomendación.

A. Enfoques basados en contenido

Con respecto al enfoque *basado en contenido* se tienen las siguientes limitaciones:

- Análisis de contenido limitado, está relacionado con la eficacia de las palabras claves y con las características asociadas a los ítems, por tanto, las técnicas basadas en el contenido están limitadas a las características que se asocian con los ítems que estos sistemas recomiendan [22].
- Sobre especialización, dado que los sistemas basados en contenido sólo recomiendan ítems que tienen un alto grado de similitud con aquellos preferidos en el pasado, el usuario está limitado a que el sistema le recomiende ítems que son similares a esos que ya fueron puntuados. Por tanto, el conjunto de ítems recomendados podría ser obvio y demasiado homogéneo [10].
- Problema de nuevos usuarios, conocido como problema de arranque en frío (cold-start) se asocia con todos los tipos de sistemas de recomendación, pero este tipo de sistemas el tema es particularmente evidente ya que su modelo se basa sólo en valoraciones de los usuarios, es decir que, el usuario tiene que evaluar un número suficiente de ítems antes de que un sistema de recomendación basado en contenido puede realmente entender las preferencias del usuario y presentarle recomendaciones confiables. Esto además significa que los sistemas de recomendación deben ser lo suficientemente capaces para brindar recomendaciones no triviales para un usuario sin suficientes recomendaciones previas en su perfil [22].

En este tipo de sistemas los problema de cold-start y de sobre especialización pueden ser resueltos de manera parcial considerando relaciones semánticas basadas en metadatos de vocabularios semánticos de conceptos [24].

B. Métodos basados en filtrado colaborativo

De acuerdo a [15], [25] la mayoría de los enfoques actuales de filtrado colaborativo se enfrentan a tres problemas: escasez, escalabilidad y cold-start.

- La escasez de la matriz de puntuación de usuarios-ítems, plantea un problema de modelado en los sistemas de recomendación ya que esto puede dar lugar a graves excesos de ajuste de los datos y resultados con muy mala precisión en la predicción. Este problema de escasez tiene un fuerte efecto sobre el poder predictivo de los algoritmos, y puede conllevar a un sobre ajuste de los datos y dar como resultado una muy mala precisión en la predicción.

- La escalabilidad, en los sistemas recomendadores el número de usuarios e ítems puede ser bastante grande, lo cual puede retardar el proceso de recomendación de manera significativa, principalmente en los métodos basados en memoria los cuales necesitarán bastante computación en este caso. Este problema se deriva del problema de la sobrecarga de información (overload), el cual de alguna manera ya ha sido abordado desde una amplia gama de campos de investigación.
- Arranque en frío (cold-start), cuando la matriz de calificación es escasa, dos usuarios o ítems son poco probable que tenga calificaciones comunes y, en consecuencia, los métodos de recomendación lo que harán es predecir calificaciones utilizando un número muy limitado de vecinos. En vista de que los sistemas de colaboración realizan la predicción basados en la calificación de un usuario similar hacia un ítem, surge el problema de nuevos ítems donde, si un ítem no ha sido calificado por suficientes usuarios, los resultados del sistema de colaboración pueden ser muy sesgados, es decir, no pueden recomendar los ítems que no tienen calificaciones.

En este sentido, los problemas mencionados y los relacionados al uso de los datos que hacen frente a la tarea de recomendación, se han abordado desde una amplia gama de perspectivas que aplican diferentes métodos en orden a proporcionar recomendaciones. Podemos citar entre otros las matrices de factorización, las cuales se han convertido en una de las técnicas principales para dar solución a los problemas de escasez de datos. Sin embargo, debido a la complejidad de tiempo en la composición de recomendaciones, los enfoques basados en estas matrices son ineficientes para hacer frente a una enorme cantidad de datos históricos [26]. No obstante, los métodos de factorización probabilística pueden ser aplicados a datos masivos y presentan una muy buena escalabilidad. Estos métodos también presentan algunos problemas, por ello a continuación se citan las limitaciones encontradas principalmente con los métodos de recomendación basados en el modelado de factores latentes que son de interés en este estudio.

C. Problemas con Matrices de Factorización

Los métodos de matriz de factorización se consideran de alta escalabilidad, debido a que un método de matriz de factorización de bajo rango supone que existe un pequeño número de factores latentes (características) que pueden explicar el comportamiento del rating de los usuarios [25]. A pesar de esto hay dos desventajas principales de las recomendaciones basadas en matrices de factorización [27]:

- El espacio latente aprendido no es fácil de interpretar.
- La factorización de la matriz sólo utiliza información de otros usuarios y no se puede generalizar a ítems completamente no calificados.

En [28], se menciona que una limitación de las matrices de factorización es la selección del modelo. Esto es, escoger el número de componentes con cual modelar los datos o predecir el desempeño sobre un conjunto de ratings.

En relación a las Matrices de Factorización Probabilísticas, éstas son muy útiles para modelar las clasificaciones de ítems, conocer cuando ocurrió el rating, donde el usuario vive, o que actores aparecen en el ítem [29]. Sin embargo, estos últimos son difíciles de incorporar en el modelo de PMF. Por tanto, una dificultad con el modelo PMF es que a menudo hay más datos disponibles de las observaciones que son necesarias considerar en el modelado.

D. Problemas con el método LDA

Algunos de los problemas identificados entorno al modelo de tópicos en general están relacionados con la representación de tópicos complicados, el no poder capturar variaciones del vocabulario (palabras relacionadas), y la división de palabras ambiguas [30]. No obstante, los modelos de tópicos probabilísticos cubren estas carencias, considerando a los tópicos como una distribución de palabras, donde múltiples palabras permiten describir un tópico complicado, y el peso de las palabras permite modelar variaciones semánticas de un tópico.

Algunos problemas de LDA están relacionados con asumir que tanto el orden de las palabras en el documento y el orden de los documentos en la colección no importan, este segundo supuesto puede ser poco realista en el análisis de las colecciones de larga ejecución. En tales colecciones, podemos querer asumir que los temas cambian con el tiempo. Un enfoque a este problema es el modelado de tópicos dinámico, el cual respeta el orden de los documentos y da una estructura de tópicos posterior más rica que LDA [31]. Otro problema está relacionado con el número de tópicos fijo y arreglado que se asume en LDA. Algunas soluciones a esto es determinar el número de tópicos durante la inferencia posterior; modelos jerárquicos de tópicos, entre otros.

Otro problema es como mostrar los tópicos y como mostrar mejor un documento con un modelo de tópicos. A nivel de documentos, los modelos de tópicos proporcionan información potencialmente útil sobre la estructura del documento, la cual podría ayudar a los lectores a identificar las partes más interesantes del documento.

IV. CUESTIONES ABIERTAS IDENTIFICADAS

A parte de los trabajos presentados en el estado del arte, se analizaron algunas revisiones sistemáticas de la literatura entorno a sistemas recomendadores como el presentado por [32] donde se mencionan los campos de aplicación de los Sistemas recomendadores y las técnicas de minería de datos utilizadas; en [33] se da una visión general de los sistemas de recomendación, en el que mencionan los métodos de filtrado de contenido, algoritmos utilizados con estos métodos; su evolución, una clasificación original para estos sistemas, áreas de aplicación en el futuro y su importancia. Un estudio sobre desarrollos de sistemas recomendadores, impactos y futuras direcciones en este campo es presentado en [34], los cuales además evalúan algoritmos de filtrado colaborativo, técnicas de reducción de la dimensionalidad para futuros desarrollos. Por otro lado, un estudio sobre el rol de las Matrices de factorización en filtrado colaborativo es el presentado por [35] donde se presentan un estudio exhaustivo de modelo de matriz de factorización como SVD para abordar los retos de

algoritmos CF, que pueden servir como hoja de ruta para la investigación en esta área.

Basados en los estudios más recientes podemos resaltar que:

- El uso de los sistemas de recomendación usando análisis de redes sociales siguen siendo deficientes. Por lo tanto, el desarrollo de la investigación de sistemas de recomendación utilizando análisis de redes sociales será además una interesante área de investigación.
- Algunas futuras direcciones de investigación entorno a LDA están relacionados con: 1) la evaluación del modelo, proponer métodos de evaluación que respondan a cómo los algoritmos son utilizados, o cuán interpretables ellos son. 2) Visualización e interfaces: desarrollar nuevos métodos de interacción y visualización de tópicos y corpus [31].
- Otras de las cuestiones abiertas son: la necesidad de ofrecer recomendaciones a grupos de usuarios en lugar de usuarios individuales, y la de abordar las preferencias de los miembros individuales de un grupo de usuarios a fin de proporcionar sugerencias para grupos en su conjunto. Otra importante área identificada es la de proporcionar explicaciones sobre las recomendaciones.

V. METODOLOGÍA

En este trabajo se propone el uso de un modelo de recomendación que combine modelos probabilísticos gaussianos y de modelado de tópicos para modelar características de filtrado colaborativo y basado en contenido con el objeto de dar solución a algunos de los problemas encontrados tradicionalmente en los sistemas recomendadores.

Se inicia con una revisión comprensiva de los principales aspectos relacionados con sistemas recomendadores para identificar algunas líneas abiertas entorno a ellos. Basado en esto se consideran principalmente las siguientes fases:

1. Identificación de requerimientos para el sistema recomendador
2. Selección de técnicas y métodos que pueden ser adaptadas a un nuevo modelo de recomendación.
3. Pruebas y Evaluación: se prueba el modelo en contextos reales, a fin de medir el rendimiento del mismo. La evaluación del modelo se lleva a cabo utilizando métricas que valoren la calidad de las recomendaciones.

Estas tres fases se integran en un enfoque de desarrollo híbrido que involucra algunas tareas para conseguir los objetivos del trabajo.

VI. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS MODELOS DE RECOMENDACIÓN A UTILIZAR

Para conocer el funcionamiento de los métodos de factores latentes y modelado de tópicos, se realizaron algunas pruebas con la matriz de factorización básica y el método LDA comúnmente utilizado en enfoques basado en contenido, pero que en nuestro caso se lo ajustó para que funcione en un

enfoque basado en filtrado colaborativo, considerando para ello la analogía presentada en la figura 1. Para estos experimentos se utilizó el conjunto de datos MovieLens¹, que corresponde a datos de calificaciones de usuarios a películas.

Table 1: RESULTADOS DE EXPERIMENTOS

Método	No. Recomendaciones	α	β	Precisión n (%)	Recall (%)
LDA	10	50/k	0.01	80	13
LDA	10	0.02	0.02	79	14
MF	Diferente para cada usuario	0.0002	0.002	76	77

Con los experimentos realizados con LDA pudimos observar que al variar los valores de los hiperparámetros (α y β) el porcentaje de precisión y recall variaba. También se pudo observar que cuando el número de recomendaciones era pequeño se obtenía un valor de precisión mayor (Ver tabla 1). Para las experimentaciones se configuró el número de factores latentes $k=20$.

Con el método de factorización matricial se encontró el problema que durante el proceso de recomendación se podía dejar sin recomendar un ítem con una puntuación alta. Por lo que, una estrategia que se llevo a cabo fue considerar en la recomendación ítems presentes en el subconjunto de evaluación fijando un número de ítems a recomendar para cada usuario, configurado en base a puntuaciones mayores a un cierto umbral.

Una vez conocido el funcionamiento de estos métodos, se procede a analizar algunos modelos de recomendación que integran estos métodos y que serán utilizados dentro de este trabajo, ya sea como parte de la experimentación en contextos reales o para contrastar con los resultados obtenidos con el modelo híbrido de recomendación probabilístico que se va a ser utilizado en esa investigación, el cual se basa en el trabajo presentado por [13], los cuales consideran un modelo de factorización no negativo para sistemas recomendadores basados en modelos probabilísticos bayesianos, utilizado para predecir los gustos del usuario en sistemas recomendadores de filtrado colaborativo. En este modelo los factores latentes se interpretan como grupos de usuarios quienes comparten los mismos gustos en el sistema. Por otra parte, los resultados que se obtengan del modelo híbrido serían comparados con los resultados obtenidos de la experimentación del modelo CTR (Collaborative Topic Regression, por sus siglas en inglés), el cual utiliza un algoritmo de recomendación de artículos científicos propuesto por [36] que combina técnicas de filtrado colaborativo y técnicas y de modelado de tópicos. El trabajo presentado por estos autores se basa en el conjunto de datos del sitio CiteUlike², donde cada usuario tiene una biblioteca de artículo y la idea es recomendar artículos de interés que no están en su biblioteca.

VII. CONCLUSIONES

Los resultados de la revisión de la literatura pueden proporcionar una orientación útil para profesionales e investigadores en el área. En base a esta revisión se presentan

¹ MovieLens: <http://movielens.org>

² CiteUlike: <http://www.citeulike.org/>

algunos problemas relacionados con los enfoques de recomendación y los métodos mayormente utilizados para el proceso de recomendación. Temas que se consideran relevantes por los desafíos que plantean a la hora de desarrollar sistemas recomendadores y por las innovaciones que suponen tendrían en los contextos que se utilicen.

Dependiendo del enfoque de recomendación es necesario el uso de algún método que se ajuste a éste y que permita seguir el comportamiento del usuario. En este trabajo nos centramos en analizar aquellos métodos que nos permitan alcanzar el objetivo general de la investigación.

Con el objeto de conocer el funcionamiento de las técnicas probabilísticas de factores latentes y modelado de tópicos, se probaron algunos métodos de recomendación entre ellos matrices de factorización, y LDA, enfocado a sistemas de recomendación de filtrado colaborativo, en el dominio de la recomendación de películas; CTR para recomendaciones basados en contenido y un métodos de recomendación basado en matriz de factorización no negativa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración del grupo de investigación de Sistemas inteligentes de la UPM y a la sección de inteligencia artificial de la UTPL por el soporte al proyecto de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] L. Bing, *Web Data Mining Exploring Hyperlinks, Contents, and Usage Data*, Second Edi. Hardcover, 2011, p. 622.

[2] Z. Huang, W. Chung, and C. Hsinchun, "A Graph Model for E-Commerce Recommender Systems," *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, pp. 259–274, 2004.

[3] F. Ricci, L. Rokach, B. Shapira, and P. B. Kantor, *Recommender Systems Handbook*. Boston, MA: Springer US, 2011.

[4] Q. Liu, E. Chen, S. Member, H. Xiong, C. H. Q. Ding, and J. Chen, "Enhancing Collaborative Filtering by User Interest Expansion via Personalized Ranking," vol. 42, no. 1, pp. 218–233, 2012.

[5] Y. Koren, R. Bell, and C. Volinsky, "MATRIX FACTORIZATION TECHNIQUES FOR RECOMMENDER SYSTEMS," *IEEE Comput. Soc.*, pp. 42–49, 2009.

[6] D. Blei, A. Ng, and M. Jordan, "Latent Dirichlet Allocation," vol. 3, pp. 993–1022, 2003.

[7] T. Hofmann, "Probabilistic Latent Semantic Analysis," in *Proceeding of Uncertainty in Artificial Intelligence, UAI'99*, 1999.

[8] R. Salakhutdinov and A. Mnih, "Probabilistic Matrix Factorization," in *Neural Information Processing Systems 21 (NIPS 2008)*, 2008.

[9] K. I. Ghauth and N. A. Abdullah, "Learning materials recommendation using good learners' ratings and content-based filtering," *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 58, no. 6, pp. 711–727, 2010.

[10] P. Lops, M. De Gemmis, and G. Semeraro, *Recommender Systems Handbook*. Boston, MA: Springer US, 2011, pp. 73–105.

[11] T. Chang and W. Hsiao, "LDA-BASED PERSONALIZED DOCUMENT," in *PACIS 2013*, 2013.

[12] M. Ekstrand, J. Riedl, and J. Konstan, "Collaborative Filtering Recommender Systems," *Found. Trends® Human-Computer Interact.*, vol. 4, no. 2, pp. 81–173, 2010.

[13] A. Hernandez, B. Jesus, and O. Fernando, "A non negative matrix factorization for Collaborative Filtering Recommender Systems based on a Bayesian probabilistic model," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 97, pp. 188–202, 2016.

[14] Z. Wen, "Recommendation System Based on Collaborative Filtering," no. 1, pp. 1–10, 2008.

[15] S. Ahamed and P. Parambath, "Matrix Factorization Methods for Recommender Systems," 2013.

[16] S. L. Jin Rong and Z. Cheng Xiang, "Preference-based Graphical Models for Collaborative Filtering," in *Proceedings of the 19th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI 2003)*, 2003, pp. 329–336.

[17] R. Benitez, G. Escudero, S. Kanaan, and D. Masip, *Inteligencia artificial avanzada*, Primera Ed. Barcelona: UOC, 2014.

[18] T. Zhou, S. Hanhuai, A. Bajerjee, and G. Sapiro, "Kernelized Probabilistic Matrix Factorization: Exploiting Graphs and Side Information," in *SIAM International Conference on Data Mining*, 2012, pp. 403–414.

[19] H. J. Jung and M. Lease, "Improving Quality of Crowdsourced Labels via Probabilistic Matrix Factorization," in *Proceedings of the 4th Human Computation Workshop (HCOMP) at AAAI*, 2012, pp. 101–106.

[20] K. Yu, B. Zhang, and H. Zhu, "Towards Personalized Context-Aware Recommendation by Mining Context Logs through Topic Models," pp. 431–443, 2012.

[21] W. Richert and L. P. Coelho, *Building Machine Learning Systems with Python*, First. Birmingham: Packt Publishing Ltd, 2013.

[22] G. Adomavicius and A. Tuzhilin, "Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions," *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, vol. 17, no. 6, pp. 734–749, Jun. 2005.

[23] J. Liu, C. Wu, and W. Liu, "Bayesian Probabilistic Matrix Factorization with Social Relations and Item Contents for recommendation," *Decis. Support Syst.*, vol. 55, no. 3, pp. 838–850, Jun. 2013.

[24] Y. Wang, N. Stash, L. Aroyo, L. Hollink, and A. T. Schreiber, "Using Semantic Relations for Content-based Recommender Systems in Cultural Heritage," in *Proceedings Workshop on Ontology Problems (WOP2009; in conjunction with ISWC2009)*, 2009, pp. 16–28.

[25] M. H. Aghdam, M. Analoui, and P. Kabiri, "A Novel Non-Negative Matrix Factorization Method for Recommender Systems," vol. 2732, no. 5, pp. 2721–2732, 2015.

[26] H. Lee and J. Kwon, "Improvement of Matrix Factorization-based Recommender Systems Using Similar User Index," a, vol. 9, no. 3, pp. 71–78, 2015.

[27] C. Wang and D. M. Blei, "Collaborative topic modeling for recommending scientific articles," *Proc. 17th ACM SIGKDD Int. Conf. Knowl. Discov. data Min. - KDD '11*, p. 448, 2011.

[28] P. Gopalan, F. Ruiz, R. Ranganath, and D. M. Blei, "Bayesian Nonparametric Poisson Factorization for Recommendation Systems," vol. 33, 2014.

[29] R. P. Adams, G. E. Dahl, and I. Murray, "Incorporating Side Information in Probabilistic Matrix Factorization with Gaussian Processes," no. 1999, p. 18, Mar. 2010.

[30] Z. Zhao, Z. Cheng, L. Hong, and E. H. Chi, "Improving User Topic Interest Profiles by Behavior Factorization," in *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web*, 2015, pp. 1406–1416.

[31] D. Blei, "Probabilistic topic models," *Proc. 17th ACM SIGKDD Int. Conf. Tutorials - KDD '11 Tutorials*, pp. 1–1, 2011.

[32] D. H. Park, H. K. Kim, I. Y. Choi, and J. K. Kim, "A literature review and classification of recommender systems research," *Expert Syst. Appl.*, vol. 39, no. 11, pp. 10059–10072, Sep. 2012.

[33] J. Bobadilla, F. Ortega, a. Hernando, and a. Gutiérrez, "Recommender systems survey," *Knowledge-Based Syst.*, vol. 46, pp. 109–132, Jul. 2013.

[34] L. Lü, M. Medo, C. H. Yeung, Y.-C. Zhang, Z.-K. Zhang, and T. Zhou, "Recommender systems," *Phys. Rep.*, vol. 519, no. 1, pp. 1–49, Oct. 2012.

[35] D. kumar Bokde, S. Girase, and D. Mukhopadhyay, "Role of Matrix Factorization Model in Collaborative Filtering Algorithm: A Survey Matrix Factorization Model in Collaborative Filtering Algorithms.," no. November 2015, 2014.

[36] C. Wang and D. M. Blei, "Collaborative Topic Modeling for Recommending Scientific Articles," pp. 448–456.

Desenvolvimento de uma Ferramenta de Ensino Utilizando Conceitos de Robótica e Programação

Development of a Teaching Tool Using Robotic Concepts and Programming

João R. de Toledo Quadros, Lawrence Fernandes,
Raphael Oliveira, Gabriel Frizzera e Fábio Paschoal Jr
Escola de Informática e Computação
Centro Fed. de Ed. Tec. Celso Suckow da Fonseca
Rio de Janeiro, Brasil
{jquadros80,lawrencestfs}@gmail.com; {raphael.mo,
gabrielfrizzera1}@hotmail.com; fabiopjr@yahoo.com.br

Tânia Regina P. Almeida
Depto Acadêmico
Escola Municipal Juan Antonio Samarach,
Rio de Janeiro, Brasil
tanielmeida62@gmail.com

Resumo — Esse estudo apresenta o projeto de uma ferramenta robótica de ensino que foi concebida para ser um instrumento lúdico de verificação de aprendizado. A relevância do estudo se deve ao facto da concepção dessa ferramenta partir da visão extraclasse de um grupo de alunos que contribuíram no desenvolvimento da mesma e tinha a robótica como uma forma de entretenimento pertencente a seu universo fora da sala de aula. Executou-se uma sessão de uso da ferramenta em uma turma de ensino fundamental, com diversos alunos, a fim de testar suas características lúdicas e também averiguar a capacidade de fixação de aprendizado de disciplinas não técnicas dos alunos que se envolveram no desenvolvimento da mesma.

Palavras Chave - robótica; aprendizado; programação.

Abstract — This paper presents the project of a robotics teaching tool which was designed to be a playful tool for learning check. The relevance of this study is due to the fact the design of this tool have originated from an extracurricular vision of a group of students who contributed to the development of it and had robotics as a form of entertainment that belongs to their world outside of the classroom. We ran up a tool usage session in a general education class with several students in order to test their entertaining features and determine the learning fixing ability of non-technical disciplines by the students who were involved in developing the same

Keywords - robotics; learning; programming.

I. INTRODUÇÃO

O uso de Tecnologias da Informação (TI) como instrumento de ensino tem sido muito propagado [1] e existem várias tecnologias sendo aplicadas, tais como ensino a distância, uso de quadros interativos, entre outras [2]. A maioria delas costuma focar no como usar a ferramenta, levando os alunos a se adaptar a essas tecnologias, sem levar em conta o contexto geral do universo desse aluno, aquele que existe além da sala de aula. Ou seja, quando se fala em usar ou criar novas tecnologias de ensino baseadas em TI, muitas vezes

se foca na ferramenta em si, minimizando a influência do público-alvo.

As maiorias dessas ferramentas são criadas dentro da filosofia na qual o aluno é orientado no como manuseá-la e ao final seja levado a adaptar-se ao método cognitivo por elas apresentado [3]. Muitas vezes, a baixa performance no uso dessas tecnologias em sala de aula deve-se a rejeição ao seu *modus operandi* que ocorre no momento em que elas são apresentadas aos alunos. Como uma forma de se reduzir tais rejeições, procura-se apresentá-las desde os primeiros períodos dos cursos, de modo os alunos venham a ser acostumados com seu uso, mas pode acontecer que as barreiras entre as interfaces nelas existentes e o modo de compreender do aluno ainda persistam [4].

Isso não significa que essas ferramentas sejam inadequadas ou incorretas nas suas aplicações, mas sim que a ênfase em se fixar nelas, de modo único, como uma forma de solução para auxiliar na produtividade do ensino, sem perceber o contexto do aluno, pode causar problemas na sua usabilidade. É bem certo que o mundo atual se encontra em um novo patamar da indústria, denominada em alguns meios como a era da informação, no qual os dados e o conhecimento são alimentados com alta velocidade e em maiores quantidades [5]. Isso faz com que seja levado ao mundo da educação a necessidade de se adaptar a essa nova era. É importante observar que um conhecimento não é algo que apenas se armazena, tal qual bytes em um disco duro, mas sim que é algo que só se torna vivo e eficaz através de um processo de transformação pelo receptor com relação a mensagem, mesmo que essa mensagem a ser transformado não venha tão rápido, nem em grandes quantidades [5].

O cerne desse trabalho é buscar uma forma de conciliação entre as metodologias de ensino baseada em TI com as capacidades cognitivas e motivadoras dos alunos alvo, de modo a fazer com que o ensino se utilize de ferramentas de TI

que pertençam ao mundo do aluno e que os mesmos se tornem coadjuvantes ativos da prática didática.

Este projeto tem como objetivo mostrar como a aplicação de uma dessas tecnologias baseadas em TI, no caso a tecnologia de robótica associada a programação, podem ser concebidas como um instrumento lúdico de ensino, oriundo não apenas de um processo de melhoria tecnológica, mas também da obtenção das percepções externas dos alunos envolvidos.

A ideia foi utilizar-se da identificação de um grupo de alunos com o gosto pessoal por robôs e aplicar tal interesse como elemento motivador para aprendizado de outro conhecimento. Dessa feita, os alunos foram estimulados na participação da construção de ferramentas robóticas que, ao mesmo tempo que os introduziram nesse campo do conhecimento, também os influenciaram na necessidade de se obter outros conhecimentos, em outras áreas de ensino, que não as exatamente técnicas. Ou seja, visou-se o desenvolvimento de uma plataforma lúdica de ensino com tecnologia de robôs, mas que se baseasse no mundo fora da sala de aula do aluno, adentrando mais em seu universo.

No caso do nosso estudo, percebeu-se que em uma turma de alunos do 9º ano (com alunos na faixa de idade entre doze e quinze anos), de uma instituição pública de ensino, havia um grupo que demonstrava um grande interesse em como montar e programar robôs, alguns, inclusive, com pequena prática nessa abordagem.

Esse grupo de alunos apreciava fazer uso de conceitos básicos de robótica dentro do seu dia-a-dia, fora da sala de aula, carecendo, contudo, de uma orientação mais objetiva no desenvolvimento de seus projetos caseiros. Dessa feita, teve-se a ideia de melhor orientar esses alunos em robótica, de modo a demonstrar como esse instrumento lúdico, pertencente ao universo particular deles, poderia servir de estímulo no ensino das outras disciplinas e que, ao se aproveitar desse elemento como forma de aprendizado, poder-se-ia alcançar bons resultados no aproveitamento dessas outras disciplinas. Ao mesmo tempo, esses alunos foram estimulados a influenciarem outros com essa perspectiva lúdica, formando um grupo de estudo entre eles que visassem o desenvolvimento de uma ferramenta robótica de verificação de aprendizado.

Com isso eles foram incentivados a participar e acompanhar de forma ativa no desenvolvimento de uma ferramenta robótica voltada para educação, direcionando esse projeto, de modo que ele contivesse conhecimentos integrados e aplicáveis dentro do universo escolar desses alunos. Como um dos fundamentos para a utilização desse recurso no processo de aprendizagem, apoiamo-nos nos conceitos da Psicologia Gestalt, ou Psicologia da Forma [6], que enfatiza a experiência como base fundamental para a percepção.

Para desconstruir qualquer reatividade no uso da robótica como elemento de estímulo de aprendizado, o envolvimento no projeto foi proposto de uma forma voluntária, ou seja, os alunos escolhiam se queriam ou não participar do desenvolvimento e como queriam fazê-lo. Os alunos que já estavam familiarizados com a robótica trabalharam em conjunto com outros alunos que não estavam acostumados a

esse conhecimento, o que fez todos se sentirem mais livres e confortáveis com as metodologias aplicadas.

Esse trabalho tem como base o projeto de pesquisa de alunos de iniciação científica (IC), do curso de bacharelado em Ciência da Computação, da Escola de Informática e Computação (EIC), do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ), campus Maracanã, Rio de Janeiro, Brasil, que consiste no desenvolvimento de um robô, a ser operado remotamente, que possa funcionar como uma plataforma de perguntas e respostas de temas ligados a educação básica. Os alunos respondem perguntas e o robô, estimulado pela precisão ou não da resposta, aciona algum movimento perceptível, de modo que os alunos possam avaliar a sua performance. As perguntas, a princípio, seguem como fonte exames nacionais aplicados as escolas do país.

Para ter uma medição básica para de verificação da performance dessa abordagem didática, foi feito uma sessão de uso da ferramenta com todos alunos da turma de 9º ano. O objetivo dessa sessão foi avaliar se os alunos que se envolveram no projeto tiveram seu interesse e motivação didática influenciado de forma positiva, ou seja, se os alunos, por terem se envolvido em um projeto que conciliava um interesse particular extraclasse, com um viés tecnológico, poderiam melhorar seu desempenho nas disciplinas não técnicas abordadas pela ferramenta e se a ferramenta serviria como motivador para os outros alunos que não participaram do grupo de desenvolvimento.

Foi feito também uma análise subjetiva da experiência dos alunos com esse projeto, com um conjunto de perguntas com respostas discursivas, nos quais eles colocaram suas impressões sobre o experimento.

Esse trabalho se apresenta com uma introdução; as características gerais sobre a ferramenta de robótica e o ambiente no qual o projeto foi aplicado; a metodologia para o desenvolvimento da ferramenta robótica; a aplicação da ferramenta no ambiente escolar com a análise dos resultados e a conclusão.

II. CARACTERÍSTICA GERAIS SOBRE ROBÓTICA E COMPONENTES USADOS NO PROJETO

A. Sobre Robótica

A robótica consiste em um ramo multidisciplinar baseado em artefactos de TI que trata de sistemas compostos por componentes mecânicos e eletrônicos (microcontroladores, motores, atenuadores e sensores) com partes móveis ou não, programados e configurados para cumprir tarefas específicas. Os robôs são compostos por módulos mecânicos e motorizados, controlados manualmente ou automaticamente por circuitos integrados [7].

A robótica concilia conhecimentos em eletrônica, automação, programação e matemática [7], sendo hoje muito mais popularizada, devido a existência de *kits* de microcontroladores com preço mais acessível e com facilidade de manuseio, tais como Raspberry [8] e Arduino [9], que são de baixo custo e com material de consulta acessível. Também

é possível obter-se *kits* educacionais de robôs bem mais elaborados, como o Lego Mindstorm [10], que tem um custo maior, mas apresentam uma melhor abordagem didática, sendo adequado também para ambientes acadêmicos.

B. Ferramenta Utilizado no Projeto

O esboço principal do projeto é fruto de um contínuo trabalho de pesquisa realizado pelos alunos de IC do CEFET/RJ que foi concebido para ser aplicado em sala de aula. O desenvolvimento da ferramenta robótica para esse estudo foi realizado no laboratório de pesquisa da EIC, entre os alunos de IC e com colaboração ativa dos alunos do 9º ano.

Devido à estrutura já existente nesse laboratório, o protótipo do projeto foi desenvolvido utilizando-se a ferramenta do tipo Lego Mindstorm NXT. Esse tipo de *kit* de robótica é de criação da Lego, compondo-se de peças de montar, associadas a um microcontrolador 9797 (que é um microcontrolador de 32 bits com arquitetura proprietária do tipo Havard [11]), um conjunto básico de três servomotores e diversos tipos de sensores (de som, de identificação de cores, de toque, entre outros). O microcontrolador é programável através de uma linguagem visual própria (RoboLab), com possibilidade também de construção de módulos baseados em linguagens similares a Java e C, fornecidas junto com o *kit*.

A escolha desse tipo de *kit* se mostrou adequada aos objetivos de controle remoto da ferramenta, uma vez que o robô do Lego Mindstorm possibilita a configuração e programação para trabalhar com sinais oriundos de dispositivos de comunicação sem fio (com tecnologia *Bluetooth* [12]), de modo que dados possam ser compartilhados nesse tipo de comunicação e o robô possa responder aos estímulos traduzidos por esses dados. Os dispositivos móveis mais adequados são do tipo *smartphones* ou *tablets*.

C. Definição e Limites do Domínio do Projeto

Nesse estudo visou-se o desenvolvimento de uma plataforma robótica que contivessem elementos capazes de influenciar e motivar de forma lúdica o interesse por ensino e aprendizado de disciplinas propedêuticas (no caso, português e matemática) através de programação de um aplicativo de perguntas e respostas que, uma vez acionadas, produzissem a movimentação do robô, para que os participantes pudessem averiguar suas respostas e conferir o seu grau de conhecimento sobre as disciplinas.

O módulo externo (que é instalado nos dispositivos móveis) pode permitir que os próprios usuários façam a configuração, através de programação, de seu conjunto de perguntas, deste modo utilizando a ferramenta dentro de suas necessidades pedagógicas ou de seus interesses particulares,

Para esse estudo, quinze alunos do 9º ano fundamental de uma escola pública municipal, da cidade do Rio de Janeiro, Brasil, que pertenciam a turma denominada como XT9, composta no total de 40 alunos, se voluntariaram a fazer parte do desenvolvimento e configuração de uma ferramenta robótica que pudesse atender aos seus interesses escolares.

Desses quinze alunos, cinco tinham conhecimento básico em robótica e aplicavam esse conhecimento fora da sala de aula, os outros dez foram cooptados pelo entusiasmo desses cinco e passaram a ter interesse também nesse tipo de tecnologia, sendo que isso começou a ser observado desde os primeiros períodos do ano letivo.

Os cinco alunos que tinham algum conhecimento sobre robótica foram os primeiros a trabalhar na ferramenta, no qual se procurou adaptar seus conhecimentos básicos com o tipo de montagem e programação do Lego Mindstorm, Como esses alunos não estavam familiarizados com essa ferramenta, foi realizado um treinamento de montagem e programação, utilizando a interface visual, que durou 28 horas no total. Esse treinamento foi realizado pelos alunos de IC.

Esses cinco alunos, uma vez treinados nesse ambiente, serviram como monitores, junto com os alunos de IC, para o treinamento dos outros dez alunos que também escolheram fazer parte do projeto, totalizando mais 36 horas de treinamento.

Com o conhecimento adquirido nesses treinamentos, associado ao visível entusiasmo, esses alunos participaram de sugestões da configuração do robô a ser utilizado no experimento. Isso também fazia parte da ideia de juntar o universo do aluno com os objetivos de ensino do projeto. Disso se originou qual seria a melhor configuração física do robô, os requisitos de interface para o módulo externo de perguntas a ser inseridos nos dispositivos móveis e também na escolha da melhor plataforma de dispositivo móvel e sistema operativo (SO) para a ferramenta. A plataforma escolhida por eles para instalação o módulo externo foi *smartphones* que trabalhassem com o SO Android [13].

Foi confirmado também que a ferramenta serviria para aferir, de forma básica, conhecimentos em português e matemática, dentro do nível de alunos do ensino fundamental (que incorpora do 5º ao 9º ano escolar no Brasil)

Os alunos escolheram a montagem do robô Lego no padrão apresentado na Fig. 1, pois a movimentação por esteira foi considerada mais fácil de ser controlada e percebida, dentro dos critérios do estímulo do robô que se desejava. Na Fig. 2 é apresentado uma tela correspondente ao ambiente de programação RoboLab no qual esses alunos foram treinados.



Figura 1: Padrão de montagem LEGO utilizado no projeto.

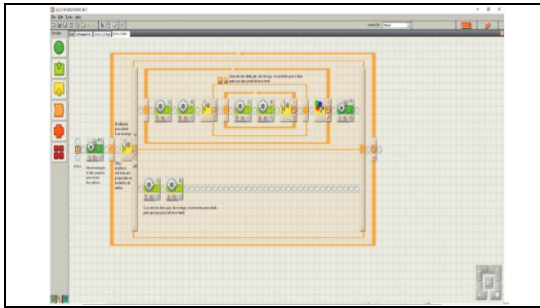


Figura 2: Exemplo de tela de programação utilizando a linguagem visual RoboLab.

III. DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

A. Definições Conceituais do Projeto

A ferramenta foi desenhada com dois módulos básicos, conforme visto na Fig 3. O subsistema Robô é o modelo visto na Fig. 1, com sua programação interna ajustada ao seu microcontrolador. O subsistema Módulo Externo é o que contém as perguntas, sendo instalado em dispositivos móveis do tipo *smartphones*, que rodam sob o SO Android. Os aparelhos devem possuir como tecnologia embutida o modo de comunicação *Bluetooth*, que é a forma usada para se conectar ao robô. Ressalta-se que a escolha da plataforma *smartphone*+Android foi baseada no próprio universo fora da sala de aula dos alunos, já que era o tipo de plataforma mais usada e conhecida entre eles.

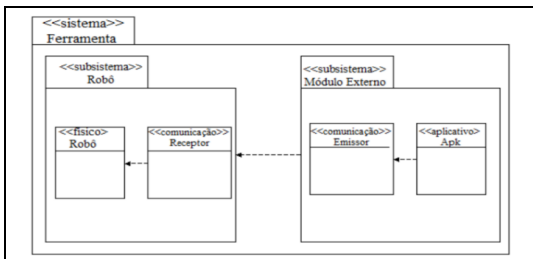


Figura 3: Módulos componentes do projeto

Uma vez iniciado o jogo, a cada resposta correta o robô andaria para frente em uma velocidade determinada pelo grau de dificuldade da pergunta, e a cada resposta incorreta o robô iria se movimentar em direção contrário, se afastando da linha de chegada. O objetivo seria chegar o mais próximo de uma linha de chegada ou ultrapassá-la.

O conjunto de perguntas foi baseado no modelo da Prova Brasil para alunos do 9º ano, cujas orientações são feitas pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) [14]. Essa prova também é conhecida como Avaliação Nacional da Educação Básica (Aneb) e abrange, de maneira amostral, alunos das redes públicas e privadas do país, em áreas urbanas e rurais, matriculados do 5ºano e 9ºano do Ensino Fundamental e no 3º ano do Ensino Médio, com

objetivo de ser um instrumento de avaliação da qualidade, da educação nacional. A prova foca nos conhecimentos associados a disciplina de matemática e português, constituindo-se em um conjunto de perguntas objetivas.

As perguntas da ferramenta robótica foram confeccionadas de forma objetiva, com quatro opções de resposta a serem escolhidas, sendo apenas uma opção correta. A interface do módulo externo foi construída para se ajustar à tela do dispositivo móvel escolhido, minimizando prejuízos de visualização, mas mantendo grau de exigência da Prova Brasil.

Foram feitos dois conjuntos de testes, cada qual com 10 perguntas associadas a cada disciplina (matemática e português), totalizando dois conjuntos de 20 perguntas, cada conjunto possuía 16 questões simples e quatro com grau de dificuldade maior. O acerto das perguntas mais difíceis incrementa a velocidade do robô. Um dos conjuntos foi concebido pelos quinze alunos que participaram do desenvolvimento da ferramenta e outro conjunto foi feito pelos alunos de IC, apresentando grau de dificuldade maior.

Para fazer seu conjunto de perguntas, os quinze alunos do grupo de desenvolvimento da ferramenta robótica foram acompanhados por um orientador, sendo incentivados a estudar os pontos abordados pelo Aneb em cada disciplina pertencente a avaliação.

Essa atividade de confecção das perguntas por esses alunos foi importante por ser considerada uma parte da representação da abordagem de conciliação entre o universo dos alunos, indicado pelo interesse dos mesmos em robótica, e o universo de aprendizado dentro da sala de aula, indo de acordo com os critérios da Psicologia Gestalt.

Os alunos que não fizeram parte do grupo de desenvolvimento da ferramenta projeto tiveram aulas de reforço antes da submissão ao experimento, para que seus conhecimentos estivessem em sincronia com os alunos do grupo de desenvolvimento.

B. Construção da Ferramenta

A primeira fase de construção foi a montagem física do robô. Os alunos do 9º ano envolvidos no projeto, após o treinamento, foram orientados pelos alunos de IC para a montagem segundo o padrão estabelecido na fase conceitual. Após a montagem, os alunos do 9º ano utilizaram-se do RoboLab para construir pequenos testes de modo que se pudesse verificar a performance do padrão físico escolhido. O conjunto de testes envolveu movimentação para frente e para trás, em diversas velocidades diferentes.

A segunda fase foi a programação interna do robô para atender a comunicação do módulo externo com o acionamento remoto dos comandos de movimento de acordo com as respostas às perguntas. A parte de movimentação básica do robô foi feito em conjunto com entre os alunos do 9º e os alunos do IC, mas a parte de programação do comunicador remoto, por conta do uso de protocolos mais complexos e do *Bluetooth*, foi desenvolvida pelos alunos de IC, sendo que cada passo dessa fase do desenvolvimento era explicado aos alunos do 9º ano.

A terceira fase foi adaptação do módulo externo, já concebido em projetos anteriores, para o modelo de perguntas e respostas que esse projeto exigia. Esse novo módulo externo foi desenvolvido em linguagem “quasi-Java” fornecida pelo Lego Mindstorm, gerando um aplicativo do tipo *apk* para Android [13], como essa linguagem era desconhecida aos alunos do 9º ano foi apenas feito uma explanação sobre estruturas de controlo básica, para que esses pudessem entender o mecanismo envolvido no desenvolvimento do módulo. Um exemplo de código do módulo externo escrito nessa linguagem pode ser visto na Fig 4.

```

when BUTTON_ENCERRAR.Click()
  Notify.ShowMessageDialog("O aplicativo sera
  encerrado", "Encerrando", "Fechar");
  CloseApplication();

when BUTTON_SIM.Click()
  Button_Response = true;
  RESPONSE_SIM = true;

when BUTTON_NAO.Click()
  Button_Response = true;
  RESPONSE_NAO = true;

when Clock.Timer()
  if (Cont_Perguntas <= 9)
    if (Select.List.Item(LIST_Pergunta_Feita, P_Temp) ==
    false)
      Texto_Pergunta.Text =
      Select.List.Item(LIST_Pergunta_Feita, P_Temp);
      while(Button_Response)
        if(RESPONSE_SIM{
          if(Select.List.Item(LIST_Resposta, P_Temp)
          == true)
            CONT_Acertos = CONT_Acertos + 1;
            NotDrive.MoveForward(80, 40);
          else
            NotDrive.MoveBackward(80, 40);
          }
          if(RESPONSE_NAO)
            CONT_Acertos = CONT_Acertos + 1;
            NotDrive.MoveForward(80, 40);
          else
            NotDrive.MoveBackward(80, 40);
          }
          Replace.List.Item(LIST_Pergunta_Feita,
          P_Temp, true);
          RESPONSE_SIM = false;
          RESPONSE_NAO = false;
          Button_Response = false;
          P_Temp = random(1,10);
          CONT_Perguntas = CONT_Perguntas + 1;
        }
  }
  
```

Figura 4: Exemplo de código do projeto

IV. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A. Metodologia de aplicação

A ferramenta desenvolvida foi aplicada à turma de 9º ano na qual os quinze participantes do desenvolvimento pertenciam. Em um dia específico houve uma convocação de toda a turma para uma aula na qual eles iriam testar os conhecimentos de matemática e português, segundo os critérios básicos da Prova Brasil, por meio da ferramenta robótica.

No dia em questão, dos 40 alunos da turma, compareceram 33, sendo dez da equipe que fez parte do desenvolvimento e 23 que não. Os 23 que não fizeram parte foram divididos em três grupos: um de seis alunos, um de oito alunos e outro de nove alunos. No primeiro grupo (Grupo 1), cada aluno utilizou um robô individualmente; no segundo grupo (Grupo 2), foi em duplas (sendo 4 duplas) e no terceiro foi em grupo de três (3 grupos de 3 pessoas cada).

No grupo 1 a identificação dos alunos foi 1A, 1B, 1C, 1D, 1E e 1F; no grupo 2, foi 2A, 2B, 2C e 2D e no grupo3, 3A, 3B e 3C.

Cada pessoa ou grupo que fosse utilizar a ferramenta recebeu um *smartphone* com o módulo externo já instalado, sincronizado ao robô e devidamente configurado (foram utilizados dois robôs simultaneamente). A partir de uma orientação básica de uso foi iniciado o processo de responder as 20 perguntas (dez de português e dez de matemática).

O módulo foi configurado para computar tempo total até a que última pergunta fosse respondida, mas não foi configurado nenhuma limitação de tempo que impedisse a continuidade do

processo de responder até o fim das 20 perguntas. O critério de tempo foi usado só para mostrar o quanto cada aluno demorou para tratar com a ferramenta.

Cada robô foi colocado no chão e uma linha reta foi traçada com fita adesiva. Ao longo do uso da ferramenta, o robô ia para frente e para trás, de acordo com as respostas estarem corretas ou não, para que os alunos ou grupos pudessem acompanhar seu rendimento no uso da mesma. Ao final a ferramenta apresentou a quantidade de erros e acertos e o aluno também pode visualizar a distância percorrida pelo robô ao longo da linha traçada. Como foi dito anteriormente, quatro perguntas foram configuradas com maior grau de dificuldade e, nesse caso, a resposta correta possibilitou o robô andar mais distante ao longo da linha, por conta da maior velocidade a ele incrementada.

Para o grupo de dez alunos que fizeram parte do desenvolvimento da ferramenta, a disputa foi realizada de forma individual e as perguntas aplicadas foram aquelas concebidas pelos alunos de IC, que tinham grau de dificuldade maior do que as que forma aplicadas aos outros grupos. Também havia quatro perguntas mais difíceis nesse conjunto. Esse grupo foi identificado como o Grupo 4 e os alunos como 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G, 4H, 4I e 4J.

A Tab. 1 apresenta o pior e os dois melhores resultados observados entre os alunos de cada grupo, visto através da identificação deles. A tabela contém o quantitativo de perguntas respondidas corretamente, quantas eram de grau de maior dificuldade e o tempo médio de resposta para cada quatro questões. A ordenação é por grupo e por acertos.

TABLE I. TABELA COM OS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DA FERRAMENTA ROBÓTICA

Alunos	Quantidade de acertos (considerando as 20 questões)		Tempo médio, em segundos (para cada 4 questões)
	Total	Questões difíceis	
1E	8	1	70
1C	7	1	71
1F	2	0	80
2D	8	2	76
2C	5	1	64
2A	1	0	80
3C	7	1	65
3A	6	1	72
3B	4	2	69
4A	15	3	51
4F	12	3	54
4G	10	2	62

B. Discussão dos resultados

Um resultado imediatamente observado foi que os alunos que fizeram parte do grupo de desenvolvimento da ferramenta tiveram um desempenho bem melhor que os alunos que não participaram, mesmo o pior resultado visto nesse Grupo 4 supera os melhores resultados dos outros grupos.

Foi observado nos alunos do Grupo 4 um maior interesse no estudo das disciplinas, não só porque eles participaram do desenvolvimento da ferramenta, que exigiu que eles tivessem que conceber um conjunto de perguntas e respostas das disciplinas, mas também porque eles, ao longo do desenvolvimento, perceberam os conhecimentos em comum que haviam entre matemática, português, robótica e programação. Esse facto foi constatado devido as respostas no questionário informal, sem identificação, que foi passado ao final do experimento para que eles pudessem descrever, em suas próprias palavras, como foi a experiência de trabalhar no desenvolvimento e como isso influenciou na melhoria da fixação de conhecimento.

Destacamos duas declarações, sendo a primeira: “Eu não sabia como os robôs tinham tanta coisa de matemática, isso me fez gostar mais da matéria. O robô está cheio de coisas de números e matemáticas, foi bom estudar isso com o robô” (sic); a outra foi: “A professora me fez ver quando estávamos fazendo o robô que uma linguagem para fazer um programa tem muita coisa do português. Temos que interpretar o que as pessoas querem que o robô faça, temos que fazer os programas com palavras, que precisam ser as certas, com pontuação certa, e na posição certa, igualzinho quando a gente escreve um texto em nossa língua” (sic).

Também foi notado entre os alunos que não fizeram parte do grupo de desenvolvimento um entusiasmo em usar a ferramenta.

Por conta do tempo total que se levou o experimento (uma hora e cinquenta minutos), foi possível realizar apenas uma sessão de uso da ferramenta por pessoa por grupo, mas os alunos solicitaram que pudesse ser feito outras sessões, com outras perguntas, inclusive sobre outros temas como ciências e estudos sociais.

Os alunos do projeto ficaram muito motivados a estudar as disciplinas abordadas no teste, indicando que seria melhor ainda se pudessem fazer constante uso da ferramenta robótica. Alguns solicitaram que, se fosse possível, pudessem levar uma cópia do módulo externo em seus dispositivos móveis, apesar de que o mesmo não funcionaria sem o Módulo Robô.

V. CONCLUSÕES

Os primeiros objetivos da pesquisa, associados ao uso da ferramenta e consequente motivação para estudo de outras disciplinas não ligadas à TI, foram possíveis de ser alcançados, mesmo com apenas uma sessão de uso da mesma. Os alunos que fizeram parte do grupo de desenvolvimento puderam conciliar um elemento do seu mundo externo, o interesse da robótica e participação no desenvolvimento da ferramenta, com

o estudo em outras disciplinas, transformando todas as atividades em um conjunto de aprendizado didático-pedagógico lúdico e interativo.

Os alunos que não participaram do grupo de desenvolvimento puderam utilizar a ferramenta, experimentar um modo lúdico de aferição de conhecimento e, com isso, despertar o interesse em estudar mais as disciplinas abordadas.

Essa ferramenta robótica faz parte de um projeto em continuidade que versa sobre a produção de plataformas mais flexíveis, utilizando microcontroladores de baixo custo, com servomecanismos ajustados de modo mais específico, para configuração de ferramentas de auxílio lúdico ao ensino fundamental, com baixo valor de aquisição e produção. Elas têm como público-alvo variados tipos de aluno, principalmente os de baixa renda, e também as escolas de ensino fundamental, públicas e privadas, tais como os que participaram das sessões com essa ferramenta desse estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CEFET/RJ, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelos relevantes fomentos ao projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] T. M. E Porto, The information and communication technologies in schools: possible relation...constructed relations. 1. Ed, Sao Paulo: Saraiva, Brazil, 2006.
- [2] S Kennewell, Researching the influence of interactive presentation tools on teacher pedagogy. In: BERA2004 – British Educational Research Association Conference. Manchester: UMIST, 2004.
- [3] E. Ogasawara et al, Amê: an environment to learn and analyze adversarial search algorithms using stochastic card games, 2015 SAC's, Proceedings of 30th Annual ACM Symposium on Applied Computing, New York: USA, pp. 208-213.
- [4] K. Spada, Higher education in digital age, IEEE Transactions on Professional Communication, V57-12, 2014, pp. 150-153.
- [5] P. Larissa, Authentic learning in digital age: engaging students through inquiry, ASCD, Alexandria: USA, 2014, pp. 3-15.
- [6] F. S. Perls, Gestalt therapy verbatim, São Paulo: Summus, Brazil, 1977.
- [7] A. Dutta, Robotics systems - applications, control and programming, Intech, 2012, Available:
Available:<http://www.intechopen/books/robôic-systems-applications-control-and-programming>.
- [8] E. Uppon, G. Halfacree, Raspberry Pi: user guide, 3 Ed, West Sussex:Wiley, United Kingdom, 2014.
- [9] M. Banzl, M. Shiloh Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform, 3 Ed, Maker Media, CA:USA 2014.
- [10] Gómez-de gabriel, J.M.; Mandow, A.; Fernández Lozano, J.; Garcia-Cerezo, A., Using Lego NXT mobile robôs with Labview for undergraduate courses on mechatronics, IEEE Transactions on Education, V54,11, 2011.
- [11] D. Benedetelli, Creating cool Mindstorms NXT robôs, TIA-Apress, USA, 2008.
- [12] N. M. O. Rufino, Wireless network security: learning to protect your information in Bluetooth environments, Sao Paulo: Novatec, Brazil, 2011.
- [13] R. Meier, Professional Android 4 application development, 1 Ed, Indiana:USA, Wiley, 2012.
- [14] INEP, Available:
Available: <http://portal.inep.gov.br/web/saeb/aneb-e-anresc>.

Emprego de Multicritérios com Analytic Hierarchy Process para Análise de Riscos Corporativos e Setorizados de Tecnologia da Informação em Saúde no Exército Brasileiro

Employment Multicriteria with Analytic Hierarchy Process for Corporate Risk Analysis and sectored of Information Technology in Health in the Brazilian Army

Francisco de Assis Neto, Edgard Costa Oliveira, João C. Félix Souza, Marcelo Ladeira, Simone Borges S. Monteiro

Departamento de Ciência da Computação

Universidade de Brasília - UnB

Brasília, Brasil 70.910-900

mcfaneto@yahoo.com.br, ecosta@unb.br, jocafs@unb.br, mladeira@unb.br, simoneborges@unb.br

Resumo — Este artigo objetiva apresentar os resultados parciais de uma pesquisa de mestrado, onde utilizou-se programação multicritérios com Analytic Hierarchy Process (AHP), utilizando o software Expert Choice para a identificação de componentes críticos de Tecnologia da Informação (TI) que impactam uma organização e sua relação com os objetivos estratégicos. O trabalho tem uma postura qualitativa e quantitativa; com uma pesquisa bibliográfica necessária ao seu referencial teórico; o seu desenvolvimento, com detalhes sobre Delphi, AHP, o Software Expert Choice. Durante a pesquisa, foi criado um modelo para este trabalho com normas da ABNT (ISO 27005, 38500 e 31000).

Palavras-chave — informação em saúde; AHP; gestão de risco; tomada de decisão; tecnologia da informação em saúde; Expert Choice.

Abstract — This article presents the partial results of a research, which was used advanced programming with Analytic Hierarchy Process (AHP) using Expert Choice software to identify critical components of Information Technology (IT) that impact an organization and its relationship with the strategic objectives. The study is a qualitative and quantitative approach; with a literature search needed for its theoretical framework; the its development, with details of Delphi, AHP, Software Expert Choice. During the research, it created a model for this work with ABNT standards (ISO 27005, 38500 and 31000).

Keywords — health information; AHP; risk management; decision taking; information technology in health; Expert Choice.

I. INTRODUÇÃO

No mundo moderno a informática e a tecnologia da informação predominam, estando presentes em quase tudo, seja nos computadores, celulares, nas escolas, nos carros, nas organizações pública ou privadas.

Já se parou para imaginar como ficam as pessoas, as organizações se de repente não mais existisse a internet e os computadores? O mundo não se imagina, nem estar preparado para viver sem a tecnologia da informação.

Cada vez mais a Tecnologia da Informação estão presentes nas organizações militares de saúde do Exército Brasileiro (EB), que são gerenciadas pela Diretoria de Saúde (D Sau), com seus diversos sistemas que apoiam os processos de decisão junto as suas subdiretorias, através da Seção de Manutenção de Tecnologia da Informação (SMTI).

Neste artigo, objetiva-se responder aos questionamentos sobre quais impactos advindo da incerteza nas subdiretorias da Diretoria de Saúde (D Sau) do Exército que podem advir de pontos críticos da sua Seção de Manutenção de Tecnologia da Informação (SMTI) que pode ter repercussão negativa sobre os objetivos estratégicos do Serviço de Saúde do Exército, caso os seus sistemas de informação em saúde sofram uma evento indesejável.

II. A INFORMAÇÃO E A DECISÃO

A. A importância da informação

Com a crescente evolução da Web, a Internet promoveu o acesso a inúmeros serviços e informações [1]. A informação é considerada a chave dos negócios de uma organização, devido à sua utilidade e importância, e que vem assumindo, cada vez mais, uma posição estratégica para as organizações, sendo o seu principal patrimônio, onde pode-se pautar uma tomada de decisão, que pode trazer benefícios ou consequências.

A informação tem grande importância e “À medida que o conhecimento se torna um patrimônio essencial e estratégico, o sucesso organizacional depende cada vez mais da capacidade da empresa de produzir, reunir, armazenar e disseminar conhecimento” [2].

Na criação desses novos aspectos, há o processo de transformação dos dados em informação que são utilizados na estrutura decisória da empresa ou organização, por meio de Sistemas de Informação, que tem com atividade básica: entrada, processamento e saída [2].

A informação existe sem os computadores, mas no contexto moderno, “ao usar a informação, o homem liberta as possibilidades do real pela criação de novos aspectos na realidade” [3].

B. A tomada de decisão

A tomada de decisão não é algo fácil, seja na administração pública ou privada. Dada à complexidade, os profissionais que detêm poder de decisão têm procurado aperfeiçoar-se, buscando alternativas que possam dar-lhe o subsídio e amparo necessário para uma tomada de decisão mais acertada. O setor público tem incorporado novas ferramentas, métodos e tecnologias no seu ambiente de trabalho, que associado ao uso de informações mais específica, confiável e atualizada, e fortalecem a administração pública, principalmente nas atividades de planejamento e gestão. Isto permite elaborar diagnósticos, identificar problemas, intervir se necessário, monitorar programas, entre outros benefícios, que repercutem positivamente na tomada de decisão geral. A “tecnificação” está tomando espaço na gestão [4].

A responsabilidade sobre a decisão não repercute apenas no contexto interno e externo de uma organização. A importância dessas decisões em saúde não são números, mas vidas que dependem do acerto e agilidade dos mesmos, acrescidas no ambiente distribuído, da disponibilidade e interoperabilidade, que é um desafio. O avanço só será alcançado através de normas tecnológicas para informação e comunicação que facilitem a interoperabilidade entre sistemas e dispositivos, proporcionando privacidade e segurança sem ressalvas, atender as necessidades únicas do mundo em desenvolvimento e alavancar as tecnologias existentes, tais como aplicativos sociais onipresentes em mídia e dispositivos móveis [5]. A informação quando aplicada em sistemas de informação em saúde deve ser reconhecida e valorizada para os que tem poder de decisão, pois ela é primária e fundamental para esses pautarem as suas escolhas, onde inclui-se os profissionais de saúde, e que como tal respondem por seus atos e escolhas

decisórias. Sobre tal importância e relação com a decisão, Almeida et al. [2] ensina que:

“Toda informação, portanto, deve gerar uma decisão, que, por sua vez, desencadeará uma ação. A informação constitui-se em suporte básico para toda atividade humana e todo o nosso cotidiano é um processo permanente de informação. No caso das organizações, conhecer seus problemas, buscar alternativas para solucioná-los, atingir metas e cumprir objetivos requer conhecimento e, portanto, informação.”

III. METODOLOGIA

Este tem uma postura qualitativa e quantitativa; com uma pesquisa bibliográfica necessária ao seu referencial teórico, que concorrentemente, buscou apresentar uma discussão e aplicação do método Delphi para seleção de critérios de TI que foram submetidos a Analytical Hierarchical Process (AHP), empregando o Software Expert Choice como ferramenta na análise de dados coletados a partir dos critérios levantados durante esta pesquisa, que os passos necessários, podem ser melhor visualizados na Fig. 3.

Pretende-se com os métodos acima, apontar pontos de riscos críticos, advindo da Tecnologia da Informação e Sistemas de Informação em Saúde, que podem impactar os objetivos estratégicos de uma organização e suas subdiretorias, para que criem a mentalidade da necessidade de investir-se na qualificação de pessoal e renovação de tecnologias e infraestruturas.

A. Local da aplicação da pesquisa

Esta pesquisa foi realizada na Diretoria de Saúde que é o órgão de apoio setorial, técnico-normativo e gerencial que tem por missão planejar, a coordenar, controlar, supervisionar e avaliar as atividades relativas à saúde, sendo a maior autoridade em Saúde Militar no Exército Brasileiro (EB) [6], e que dada a importância que os seus sistemas de informações em saúde representam, possui uma Seção De Manutenção de Tecnologia da Informação (SMTI), com responsabilidade para apoiar, gerir, desenvolver, manter, corrigir, contratar e fiscalizar todos os temas atinentes a emprego da Tecnologia da Informação em saúde no EB.

B. Método Delphi

Trata-se da aplicação de um questionário interativo, rebuscado, com um resumo conceitual de cada quesito, submetidos a peritos, com respostas individuais, que após terá um tratamento estatístico simples, se caso for necessário, novas rodadas serão aplicadas até acontecer a convergência do resultado esperado. Sua aplicação planejada possui efeito positivo quando há carência do histórico e ou pretende-se estimular a criatividade, sendo muito útil em análise qualitativa, projeções futuras em face de discontinuidades tecnológicas, que valoriza o anonimato das respostas e dos participantes [7]; busca uma homogeneização confiável por um grupo de especialistas sobre determinado assunto de opiniões de um grupo de especialistas, podendo ser aplicada em qualquer estágio do processo de gestão de riscos, sempre que um consenso de visões de especialistas for necessário [8].

Neste trabalho, os especialistas possuem ampla vivência e formação em TI, orgânicos da SMTI e conhecedores da lógica do negócio. Foram selecionados os mais aptos, aplicando o princípio de Pareto (20/80), foi possível definir critérios para análise e submissão ao Expert Choice, pelo método AHP, decompondo o problema em uma árvore hierárquica [9].

C. A Definição de Critérios para Árvore Hierárquica da AHP

A SMTI da D Sau do EB possui responsabilidade sobre 26 Sistemas de Informações aplicados à saúde, que atendem a 724.000 clientes a nível federativo no Brasil. Os especialistas consultados na pesquisa entenderam que muitos destes sistemas, embora que pequenos, são integrantes de uma sistemática maior. Neste sentido, optou-se por adotar uma seleção sob uma ótica Sistemática da Segurança da Informação, no sentido de identificar-se os ativos de informação dos sistemas de informação em saúde da D Sau. Esta postura permitiu sintetizar a visão sistêmica em três pontos chaves: Ativos Primários e Ativos de Suporte e Infraestrutura [10]; e o terceiro ponto seria àqueles que tenham impacto direto sobre saúde e a vida de pacientes, que dependem da recuperação da informação dos seus sistemas de informações.

O terceiro ponto foi necessário, pois a atividade de negócio da D Sau tem a atribuição gerir saúde a Família Militar e a sociedade em pontos longínquos do País-Continente Brasil, e que a atividade da SMTI, através da sua estrutura pode, mesmo sendo na TI, e não no atendimento médico, é totalmente necessária ao atendimento, pela sua aplicação através do profissional de saúde, e que portanto a sua indisponibilidade é algo crítico, uma questão de alto risco. Sendo assim, a gestão de risco cria e protege valor, mas também “contribui para a realização demonstrável dos objetivos e para a melhoria do desempenho referente, por exemplo, à segurança e saúde das pessoas, à segurança, à conformidade legal e regulatória, à aceitação pública, [...], à eficiência nas operações, à governança e à reputação” [11]. Aos gestores de Sistemas de Informação em Saúde, deve-se compreender que por trás de uma pessoa, na condição de cliente e paciente, há uma vida e famílias, que alinha-se com a importância que o Exército dar a vidas do seu efetivo, famílias e sociedade, que demonstram o valor à vida.

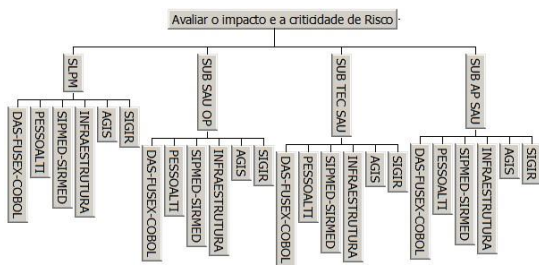


Figura 1. Árvore Hierárquica definitiva ajustada para aplicação da AHP/Expert Choice

Na Fig. 1, observa-se como resultado intermediário, a Árvore hierárquica definitiva que foi criada adotando-se conhecimentos constantes nas ISO 31000, 38500 e 27005 [12] [11] [10]. Os conhecimentos extraídos destas ISO foram

necessários para criar um Modelo Otimizado para aplicação em análise de pontos críticos de Tecnologia da Informação em saúde, que podem trazer riscos às vidas humanas e aos negócios da Organização, apontando responsabilidades aos seus gestores. O modelo gerado com as ISO serviu de escopo para delimitar a escolhas dos sistemas de informações que compõem a árvore hierárquica.

A árvore hierárquica representada na Fig. 1 é a versão final, aplicada na análise. Para se chegar neste ponto, foram necessárias 15 versões, que progrediram com a coleta de dados com os especialistas; critérios retirados das ISO empregadas neste trabalho; e a medida que se conheciam particularidades das subdiretorias envolvidas, dos sistemas, da sua infraestrutura, recursos e profissionais de TI.

D. proposta da AHP (Analytic Hierarchy Process) na análise de riscos de TI em Saúde

De acordo com Saaty [9] [14] para se tomar uma decisão de forma organizada e priorizada, torna-se necessário decompor tal decisão em quatro (4) passos (ilustrados na Fig. 2).

O Método AHP pertence as ferramentas e técnicas de Análise de decisão por multicritérios, e que no tocante ao processo de avaliação de riscos ele é considerado aplicável [8].

Por se tratar de uma ferramenta de multicritérios, ela é aplicada quando há uma diversidade de opções que precisam ser consideradas numa tomada de decisão, onde que, após definidos os critérios, possibilita-se com a ajuda de especialistas, definir prioridades, hierarquia, identificar objetivos globais, gerar valores baseados em matrizes recíprocas de comparação, e que depois de sintetizados permitem o cálculo da sua prioridade em relação ao foco principal [13].

E. O Software Expert Choice (EC) e a AHP

É um aplicativo que desenvolve soluções baseada no Processo AHP, visando melhorar a tomada de decisão das empresas e organizações governamentais em todo o mundo, e atualmente é amplamente utilizado em diversos setores do Governo Federal Americano, inclusive o seu Departamento de Defesa, sendo utilizado em decisões que aloca mais de 120 bilhões de dólares/ano em recursos [15].

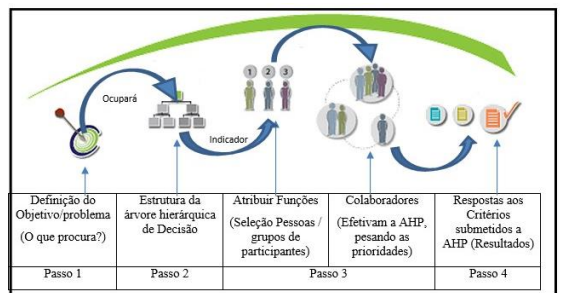


Figura 2. Esquema do autor para ilustrar os passos do processo da AHP. Adaptado [14]

Uma das grandes vantagens do Expert Choice se dar pela sua praticidade de utilização e aprendizado; possibilidade de utilização por um ou mais grupo de pessoas a chegar a um resultado de uma decisão complexa, de forma colaborativa e rapidamente, utilizando uma ferramenta gráfica, sem ter o total conhecimento da complexidade matemática e estatística envolvida [16].

Os especialistas da SMTI sendo conhecedores da estrutura de TI em Saúde do EB, o negócio e as peculiaridades das subdiretorias da D Sau aplicaram os valores entre 1 a 9 da Escala Fundamental ou de comparação binária de SAATY [9] para priorização dos Atributos/Indicadores (A/I). A escala encontra-se representada por meio da Fig. 3.

Intensidade	Definição	Explicação
1	Mesma importância	A/I contribuem igualmente
3	Importância pequena de uma sobre a outra	Um A/I levemente favorecido
5	Importância essencial ou grande	Um A/I é fortemente favorecido
7	Importância forte	Um A/I é favorecido com alto grau de certeza
9	Absoluta importância	Um A/I é favorecido com absoluto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Refinamento da Escala

Figura 3. A Escala Fundamental de Saaty. Adaptado [9]

F. Resultados

Com a aplicação da Escala Fundamental de Saaty [17], foi possível que o EC, realizasse uma comparação binária, analisando as subdiretorias e os critérios constantes na árvore hierárquica (Fig. 1). A primeira análise deu-se para avaliar o nível de razão de importância em que SMTI tem para com cada Subdiretoria, que afetem os negócios e a continuidade do atendimento aos seus clientes (pacientes).

De acordo com a Fig. 4, observa-se que ela se encontra em nível de prioridade, do ponto de vista das subdiretorias serem clientes da SMTI. Desta visão, entende-se que os riscos existentes, caso os serviços de Tecnologia da Informação em saúde da D Sau tornem-se indisponível. Em tal eventualidade, tem-se maior impacto para a Subdiretoria de Apoio a Saúde, na ordem de 50.7% da atividade fim, podendo repercutir na “ponta da linha” para alguns dos mais de 724 mil usuários que dependem de tais serviços. E, conclui-se que ela é a Subdiretoria que sofrerá maior impacto e que representa maior criticidade, demandando uma atenção a tais riscos.

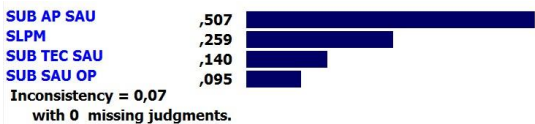


Figura 4. Resultado da Análise pela AHP para as Subdiretorias'

O resultado final da avaliação dos seis (6) critérios aplicados a SMTI, encontram-se representados pela Fig. 5,

onde observa-se que o Pessoal de TI está representado com 33.4%, o que representa o maior nível de criticidade no contexto interno da SMTI e que pode ter o maior impacto sobre a Subdiretoria de Apoio a Saúde (Fig. 4), que de acordo com o resultado, ela sofreria o maior impacto, dado a indisponibilidade dos serviços de TI).

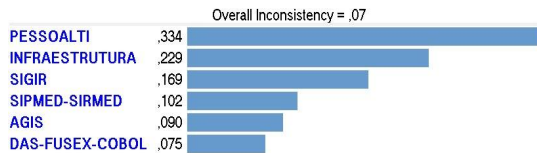


Figura 5. Resultado da Sintético da Análise pela AHP do contexto interno da SMTI.

É importante citar, que ainda na Fig. 5, apresenta o sistema informatizado que é mais crítico e, que causará maior impacto é o SIGIR, pois é o mais utilizado pela Subdiretoria de Apoio a Saúde, e mais utilizado pelos Hospitais e Unidades de Atendimento (UA) no trato com os clientes (pacientes), se ele falhar, muitos poderão ficar sem o atendimento hospitalar, em princípio. Observa-se que os resultados apontados, refletem sobre os critérios constantes na árvore hierárquica, constantes na Fig. 1.

Os resultados obtidos foram a construção de um modelo de critérios, tendo como referencial as literaturas de normas técnicas (ISO), que apontam ao gestor a sua responsabilidade e a necessidade de dar atenção à TI empregada em Sistemas de Informação em Saúde; a construção da árvore hierárquica a partir dos critérios levantados; o engajamento da equipe da SMTI, na condição de especialistas, valorizando o seu conhecimento profissional; a construção do survey (pesquisa quantitativa), o resultado da entrevista (pesquisa qualitativa); e a sensibilização da autoridade militar, que fez constar os resultados no seu plano de gestão, determinando as governança de TI, construção de um Plano Diretor de TI e ações de gestão de riscos.

G. Discussão

Na matriz de ordem 4 (tratou das 4 Subdiretorias), o seu nível de inconsistência permaneceu menor que 0.90; e na matriz de ordem 6 (tratou do contexto interno da SMTI), o seu nível de inconsistência ficou menor que 1.24.

De acordo com os níveis apresentados em todas as matrizes estão em conformidade com a tabela de Saaty [17], considera-se que elas foram bem feitas, e que os especialistas foram consistentes nas suas opiniões.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quem tem a função de decidir deve estar ciente que em cada escolha há uma incerteza que se interpõe entre os objetivos, bem como, uma ação de responsabilidade sobre a decisão tomada, seja ela acertada ou não. A aplicação de multicritérios foi uma poderosa ferramenta para a tomada de decisão em problemas complexos, que envolvem sistemas de informação em saúde. Demonstrou-se, ainda, que com a utilização do Expert Choice, baseado na metodologia AHP foi possível ter um acerto aceitável para problema estudado, onde

apontou-se qual subdiretoria sofreria o maior impacto e qual ativo mais crítico da SMTI poderá causar maior impacto, que nos casos foram as pessoas que são orgânicas dela.

A repostas da AHP sobre o pessoal de TI da SMTI, coaduna com a importância já citada por PRESSMAN [18] ao falar sobre a regras dos 4PS (pessoas, produto, processo e projeto), que no transcorrer relata sobre a importância que deve ser dada ao corpo técnico e intelectual de uma organização ou projeto, e posteriormente ao produto, que a AHP também acertou ao apontar o Sistema SIGIR (produto software).

Com a pesquisa adotada neste trabalho, que a AHP e o método Delphi, constantes na tabela de ferramentas proposta pela ABNT NBR ISO 31010 [8] foi possível revelar a complexidade criticidade e impactos de uma organização que tem seus sistemas de informação em saúde afetados por uma pane. Isto posto, tem-se que imaginar, especular, sobre os fatos contrários, com planejamento oportuno, sobre o que fazer, se algo acontecer. Trabalhar a frente dos riscos. Torna-se necessário conhecer a organização do nível macro processo, até a riqueza de detalhes que envolvem as atividades, conhecer os seus ativos de informação [10].

A tomada de decisão não é algo fácil e necessita do suporte necessário para a correta escolha. Este artigo apresentou a tomada de decisão como um ponto estratégico, e como tal, necessária e aplicada diariamente.

V. TRABALHOS FUTUROS

Estudar os impactos de sistemas de informação em saúde e saúde eletrônica, sob o ponto de vista da dependabilidade. Na proposta de estudos, esmiuçar a saúde eletrônica, além da verificação de sistemas tolerantes a falhas, mas em que aspectos é possível evoluir a aplicação da AHP para uma Analytic Hierarch Process [17], investigando não somente os critérios, mais a rede de critérios, sendo algo maior, extraindo dados associáveis à dependabilidade e a interoperabilidade em e-saúde.

VI. AGRADECIMENTOS

À Diretoria de Saúde do Exército Brasileiro e integrantes da sua SMTI pelo apoio e participação na pesquisa. Aos professores da Universidade de Brasília, pelo apoio e orientações precisas, incentivo a pesquisa e participação neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] CRUZ, José Manuel de Magalhães. Segurança da Informação: a Norma ISO/IEC 27000 e ISO/IEC 27001. 2012. 25 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Engenharia – Universidade de Porto (FEUP), Portugal, 2012. Disponível em: <http://web.fe.up.pt/jmcruz/seginf/trabs-als/final/G4-ISO.27000.final.pdf>. Acesso em 20 maio. 2014.
- [2] Almeida, Dagoberto Alves de; LEAL, Fabiano; PINHO, Alexandre Ferreira de; Fagundes, Liliane Dolores. Gestão do Conhecimento na análise de falhas: mapeamento de falhas através de sistema de informação. Prod. [online]. 2006, vol.16, n.1, pp. 171-188. ISSN 0103-6513. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132006000100014>. Acessado em: 17 abr. 2014.
- [3] SIQUEIRA, André Henrique. Sobre a natureza da tecnologia da informação. Ci. Inf., Brasília , v. 37, n. 1, Apr. 2008 . Disponível em:

- <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19652008000100008>. Acesso em 19 Out. 2014.
- [4] JANNUZZI, Paulo de Martino; MIRANDA, WilMer Lázaro de; SILVA, Daniela Santos Gomes. Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações. Artigo. Informática Pública ano 11 (1) 69 – 87, 2009. Disponível em: http://www.ip.pbh.gov.br/ANO11_N1_PDF/analise_multicriterio_e_tomada_de_decisao_em_politicas_publicas.pdf. Acesso em: 25 maio. 2014.
- [5] ITU. International Telecommunication Union. e-Health standards and interoperability. Disponível em: <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/ehealth-standards.aspx>. Acesso em: 14 maio. 2014.
- [6] DIRETORIA DE SAÚDE - DSAU. Institucional. Disponível em:<http://dsau.dgp.eb.mil.br/institucional/institucional.html>. Acesso em: 23 maio. 2014.
- [7] WRIGHT, James Terence Coulter; GIOVINAZZO, Renata Alve. DELPHI – UMA FERRAMENTA DE APOIO AO PLANEJAMENTO PROSPECTIVO. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 01, n° 12, 2° trim./2000. Disponível em: <http://www.gece.org.br/atividades/redirKori/861>. Acesso em: 8 maio. 2014.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 31010. Gestão de Riscos - Técnicas de Avaliação de Riscos, Brasil, 2012.
- [9] SAATY, Thomas L. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, 48:9-26, 1990. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/03772721790900571>. Acesso em: 18 jun. 2014.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 27005. Tecnologia da informação – Técnicas de segurança - Gestão de riscos de segurança da Informação, Brasil, 2008.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 38500. Governança Corporativa de Tecnologia da Informação. Brasil, 2009d.
- [12] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 31000:2009. Gestão de Riscos, Brasil, 2009a.
- [13] DE CARLI, Paulo Cesar; DELAMARO, Maurício César; SALOMON, Valério Antonio Pamplona. Identificação e priorização dos fatores críticos de sucesso na implantação de fábrica digital. Prod., São Paulo , v. 20, n. 4, Dec. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132010000400005&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 10 jun. 2014.
- [14] SAATY, Thomas L. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences (IJSSCI), Vol. 1, No. 1, p. 83-98, 2008. Disponível em: <http://www.inderscience.com/info/inarticle.php?artid=17590>. Acesso em: 03 jun. 2014.
- [15] CSC. Expert Choice. Disponível em: http://www.csc.com/public_sector/ds/11274/12865-expert_choice. Acesso em 22 junho. 2014.
- [16] YUNUS, Rodzyah Mohd; SAMADI, Zalina; YUSOP, Norezatty Mohd; OMAR, Dasimah. Expert Choice for Ranking Heritage Streets. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 101, 465-475, 2013, Elsevier. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042813021150>. Acesso em 23 junho. 2014.
- [17] SAATY, Thomas L. Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. 3.ed. Pittsburgh: RWS Publications. 2005. Disponível em:http://books.google.com.br/books?id=65N6FiNBmJECprintsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 25 jun. 2014.
- [18] PRESSMAN, Roger S. Engenharia de software: uma abordagem profissional. Tradução Ariovaldo Griesi, Mario Moro Fecchio; revisão técnica Reginaldo Arakaki, Julio Arakaki, Renato Manzan de Andrade. - 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

Implementación de un Entorno Virtual Usando Tecnologías Web3D

Implementation of 3D Virtual Environment Using Web3D Technologies

Bayona Sussy, Gonzales Kevin, Cuadros Ruben
Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Universidad San Martín de Porres
Lima - Perú

lbayona@usmp.pe, kevin.gonzales.gonzales@gmail.com, rcuadros@usmp.pe

Resumen — El mercado actual propicia el uso de entornos virtuales 3D como medio de difusión de contenidos e información para las organizaciones. En este artículo se presenta una aplicación práctica de realidad virtual utilizando tecnologías Web3D para representar la estructura del edificio de la facultad de una universidad. Se utiliza un motor 3D para incorporar funcionalidades prácticas que permitan el despliegue tridimensional interactivo. Se adaptó la metodología UP4VED para su desarrollo debido a su enfoque orientado a entornos virtuales. Los resultados de una encuesta sobre el prototipo muestran que el usuario potencial promedio considera como muy probable una visita posterior en busca de nuevas funcionalidades y actualizaciones.

Palabras Clave – *Virtual 3D; Web3D; UP4VED.*

Abstract — The current market promotes the use of 3D virtual worlds as ways to spreading content and information for organizations. This paper presents a virtual reality application using Web3D technologies in order to represent the building structure in the faculty of university. Include the use of a 3D graphics engine to implement practical features that allow interactive three-dimensional deployment. The UP4VED methodology was adapted for development because it is focus on virtual environment. Survey results show that the average potential user considers very likely to visit the application again to look for new features and updates.

Keywords: *Virtual 3D Environment; Web3D; UP4VED.*

I. INTRODUCCIÓN

La tendencia actual del mercado apunta a la necesidad de utilizar entornos virtuales como medio funcional, informativo y de publicidad para las organizaciones. Diversas organizaciones privadas o públicas cuentan con una importante presencia a través de web de realidad virtual que les permite expandir su

área de influencia. Las tecnologías Web3D brindan la autonomía necesaria y son más accesibles para el público en general, debido a que pueden ser utilizadas directamente con el navegador web sin ninguna necesidad de identificación o instalación de software adicional. Sus aplicaciones son múltiples, desde recorridos virtuales a museos virtuales [1], galerías de arte virtuales [2], plataformas para la enseñanza y aprendizaje [3] [4] y lenguaje [5]. La universidad no es ajena a la necesidad de incorporar tecnología para poner a disposición de sus clientes información sobre la infraestructura que ofrece. En este artículo se presenta una aplicación de realidad virtual usando la metodología UP4VED [6] para ponerlo a disposición de los padres de familia, futuros estudiantes y público en general, que se muestren interesados en conocer las instalaciones y los servicios que ofrece la universidad.

Este artículo está organizado en 6 secciones. La primera sección presenta la introducción. En la Sección II se presenta las bases teóricas de la investigación. En la Sección III se describe la metodología utilizada para el desarrollo del entorno virtual. En la Sección IV, se describe el caso de estudio de aplicación de tecnologías Web3D en la universidad. En la Sección V se presenta los resultados Finalmente, en la Sección VI se presentan las conclusiones.

II. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

En esta sección, se describen los conceptos que sustentan la investigación.

A. Entorno Virtual 3D

Un entorno virtual 3D comprende muchos escenarios de gráficos 3D de alta resolución para representar un mundo de la vida real [7]. El concepto de entorno virtual en 3D ha evolucionado en los últimos años y tiene su origen en la simulación militar, como es el caso de los simuladores de vuelo.

El concepto de realidad virtual está relacionado con gráficos 3D en entornos inmersivos que usan artefactos para obtener un mayor grado de interacción con el ambiente virtual [8].

B. Web3D

El término Web3D hace referencia a cualquier lenguaje de programación, protocolo, formato de archivo o tecnología que pueda ser usado para la creación y presentación de universos tridimensionales interactivos a través de Internet [9]. Existen diferentes tecnologías que conforman diversas áreas de aplicación Web3D posibles. Algunas de ellas denominadas propietarias, otras Open Source. El VRML (Virtual Reality Modelling Language) es un estándar internacional para crear escenas interactivas 3D en la Internet. Java3D es un API de programación de gráficos 3D para el lenguaje Java [10].

C. Modelado 3D

El modelado tridimensional de un objeto puede ser visto como el proceso completo que empieza con la adquisición de los datos y termina con un modelo virtual 3D visualmente interactivo en la computadora. El modelado 3D siempre ha sido considerado como el proceso de convertir un punto medido en una red triangular (“malla”) o superficie texturizada. Sin embargo, el proceso es más completo y general de reconstrucción del objeto. Los modelos digitales tridimensionales son requeridos, en muchas aplicaciones, como inspección, navegación, identificación de objetos, visualización y animación [11].

D. Web3D en la Universidad

Debido a la actual importancia de las tecnologías Web3D, diversas universidades han incorporado cursos sobre tecnologías Web3D con diferentes denominaciones tales como: Web3D Applications, Web3D and Graphics, Technologies, XML based Media Technology, Building 3D Virtual Environments, Virtual Reality and VRML language o Interactive Web3D Graphics. Así

mismo, diversas investigaciones y aplicaciones sobre entornos virtuales se han realizado. A continuación mencionamos algunas aplicaciones: 1) Aplicaciones educativas para interactuar con el contenido de la web en 3D utilizando realidad virtual y aumentada para incrementar el nivel de entendimiento de los estudiantes [3] y comunicación e interacción [4], 2) Visitas virtuales 3D interactivas que permite al usuario pasear por las instalaciones de la universidad y disponer de información sobre la infraestructura y los servicios que brinda [12], 3) Interface basada en gestos que permite navegar en un repositorio de objetos mapeados en un entorno virtual 3D usando gestos con las manos [13], 4) Museo virtual 3d en línea que permite al usuario añadir y quitar obras de la sala de exposiciones virtual, creando galerías de arte virtuales [2] y 5) Construcción de mundos virtuales para el desarrollo de destrezas de lateralidad basado en Web3D [14].

E. UP4VED

El Proceso Unificado para el Desarrollo de Entornos Virtuales (UP4VED) incorpora buenas prácticas en el desarrollo de software, recomendaciones para la construcción de un entorno virtual y consideraciones de modelado específicos para sistemas de Realidad Virtual [6]. Para seleccionar la metodología UP4VED se tomó en consideración los factores como: 1) estabilidad al estar fundamentada en el proceso unificado y en buenas prácticas, 2) flexibilidad, 3) reutilización ya que es necesario reutilizar los componentes para acelerar la producción, 4) iterativo incremental basado en la calidad gráfica y 5) la implementación de proyectos orientados hacia el modelado de Realidad virtual. Asimismo para gestionar el proyecto se seleccionó PMBOK [15] como un marco de trabajo para la gestión del proyecto. En la presente investigación, se definieron los roles del equipo de trabajo y los objetivos del proyecto. Se realizó la gestión de stakeholders (interesados) destacando a los alumnos de la institución y a futuros postulantes (véase Tabla I).

TABLA I GESTIÓN DE LOS STAKEHOLDERS

Rol en el proyecto	Requerimientos primordiales	Expectativas principales	Apoyo / Neutral	Fase de mayor interés	Interno/Externo
Cliente	-	Que el proyecto culmine exitosamente	Apoyo	Todo el Proyecto	Interno
Líder del proyecto	Cumplir con la organización del proyecto	Que el cliente quede satisfecho con el proyecto	Apoyo	Inicio	Interno
Analista/Arquitecto	Armar la estructura base	Que el equipo cuente con una estructura adecuada para el desarrollo del entorno virtual	Apoyo	Elaboración	Interno
Diseñador de Entorno Virtual	Realizar el modelado de las estructuras y objetos 3D	Que los usuarios se sientan cómodos con el diseño del entorno virtual	Apoyo	Construcción	Interno
Desarrollador	Programar las funcionalidades del entorno virtual	Que los usuarios encuentren el entorno virtual funcional	Apoyo	Construcción	Interno
Verificador	Comprobar que el entorno virtual no presenta errores	Que el entorno virtual quede listo para su lanzamiento oficial	Apoyo	Transición	Interno
Usuario (Alumno)	-	Que el entorno virtual incluya funcionalidades que contribuyan a su formación académica	Neutral	-	Externo
Usuario (Postulante)	-	Que el entorno virtual muestre lo que la facultad puede ofrecerle a sus potenciales alumnos	Neutral	-	Externo

III. METODOLOGÍA

El desarrollo de un proyecto de entorno virtual requiere de un conjunto de artefactos con características propias. Es necesario, adecuar un proceso de desarrollo estándar. Con este propósito, se ha adaptado la metodología UP4VED. Esta metodología contempla cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición (véase Fig. 1). Asimismo se eligieron algunos artefactos propios de esta metodología a conveniencia de modo que puedan ser adaptadas para su uso. El proyecto ha sido desarrollado de manera iterativa e incremental.



Figura 1. Fases de la metodología UP4VED para entornos virtuales

A. Fase 1: Inicio

En esta fase del proyecto se plantea el objetivo y el alcance del sistema; además se capturan los requisitos funcionales y no funcionales. Se busca entender qué construir en base a las necesidades de los usuarios. El propósito de esta fase es definir los requerimientos y el ámbito del proyecto. Esta fase consta de las siguientes actividades:

- 1) *Actividad 1: Reunión inicial con el cliente.* Se estudia y comprende las necesidades de los usuarios; asimismo se define una estructura inicial para el desarrollo del sistema.
- 2) *Actividad 2: Captura de requerimientos.* Mediante reuniones sucesivas con el cliente, el analista captura los requerimientos acerca del aspecto visual del entorno virtual, así como de las funcionalidades a implementarse. Esto incluye las estructuras a modelarse así como los objetos 3D que forman parte del mobiliario y del ambiente.
- 3) *Actividad 3: Elaboración del Plan de Desarrollo.* El líder del proyecto establece los objetivos y el alcance en base a la información obtenida. Se decide la cantidad de iteraciones que se necesitarán en base a la extensión o complejidad del entorno virtual que se busca crear, así como el alcance parcial de cada una de estas iteraciones. Se define y asigna los roles del equipo de trabajo en base a las habilidades requeridas.
- 4) *Actividad 4: Elaboración del diagrama general y especificaciones de Casos de Uso.* Se señala de una manera clara y gráfica los actores involucrados en el entorno virtual y los casos de uso (CU) definidos, de modo que permita entender toda la interacción y las acciones a ejecutarse. Asimismo, se describe el flujo de eventos que se llevan a cabo en cada caso de uso.

B. Fase 2: Elaboración

En esta fase del proyecto se especifican los componentes que contendrá el entorno virtual y se evalúan los recursos multimedia existentes por si pueden ser reutilizados. Además se proporciona una base para el desarrollo de la fase de Construcción. El propósito de esta fase es establecer la línea base de la arquitectura. Esta fase consta de las siguientes actividades:

- 1) *Actividad 1: Desarrollo de la Arquitectura del Sistema.* Se diseña un esqueleto estructural del sistema de realidad virtual 3D.
- 2) *Actividad 2: Elección del software de modelado 3D.* En caso de que el cliente no haya especificado el software de modelado 3D a utilizarse, el modelador elige el más adecuado para el desarrollo del entorno virtual de acuerdo a los requerimientos de diseño a implementarse haciendo uso de ciertos criterios de selección.
- 3) *Actividad 3: Recolección de planos.* Se solicita al cliente los planos arquitectónicos que sirvan como base para la extrusión de las estructuras que formarán parte del entorno virtual.
- 4) *Actividad 4: Capturas fotográficas.* Se realizan capturas fotográficas y/o de video, que sirvan como base para las texturas que se aplicarán a las estructuras y objetos 3D. El material fotográfico además respalda y confirma al modelador 3D que su trabajo reflejará fielmente la construcción original.

C. Fase 3: Construcción

Esta fase del proyecto incluye las actividades que permitan el alcance de objetivos específicos enfocados en el contenido del entorno virtual tales como el modelado y texturizado de las estructuras y objetos 3D. También involucra su integración final en el entorno, de forma que se logre una primera versión usable para proceder a las pruebas de usuario. El propósito de esta fase es completar la funcionalidad del entorno virtual. Esta fase comprende las siguientes actividades:

- 1) *Actividad 1: Modelado 3D de las estructuras.* Inicia con la importación de los planos de base a la herramienta elegida con el fin de extruir las estructuras. Posteriormente, en base a las fotografías, videos y planos laterales se realiza el modelado 3D de la construcción teniendo en cuenta cada detalle y las especificaciones del cliente.
- 2) *Actividad 2: Modelado 3D de los objetos del entorno.* En base a las fotografías y videos se modelan los elementos del mobiliario y del ambiente tales como: mesas, sillas, computadoras, vegetación, etc. de acuerdo a la naturaleza del entorno virtual y las especificaciones del cliente. Los objetos son añadidos a la biblioteca de componentes de modo que se puedan reutilizar en proyectos futuros.

- 3) *Actividad 3: Texturizado 3D.* Haciendo uso de los materiales fotográficos se crean bitmaps de textura para las estructuras y objetos.
- 4) *Actividad 4: Integración de elementos y exportación.* La estructura y los elementos modelados son exportados al motor 3D elegido y reunidos en un entorno compartido, para la aplicación de las tecnologías Web3D.
- 5) *Actividad 5: Creación del Avatar.* Se establece el avatar que servirá para representar al usuario visitante. Se puede utilizar un avatar predeterminado o uno definido de acuerdo a lo requerido por el cliente.
- 6) *Actividad 6: Programación de funcionalidades.* Se realiza la programación en el motor 3D de las propiedades tanto del ambiente como de los elementos del entorno virtual según los requerimientos del cliente. Esto incluye opciones de navegación, acceso, seguridad, contenido multimedia entre muchas otras alternativas. Se envía al servidor una versión beta para ser probada.

D. Fase 4: Transición

En esta fase del proyecto se revisa y ajusta la implementación del entorno virtual mediante pruebas funcionales para su aceptación y puesta en funcionamiento. El propósito de esta fase es corregir los errores y asegurar que el entorno virtual esté disponible para los usuarios. Esta fase consta de las siguientes actividades:

- 1) *Actividad 1: Procedimiento de pruebas.* Se efectúan las pruebas de calidad para asegurar la funcionalidad, fiabilidad, usabilidad, eficiencia, mantenibilidad y portabilidad del entorno virtual creado.
- 2) *Actividad 2: Publicación web.* Finalmente se publica el entorno virtual en el sitio web pertinente, de modo que sea visitado por los usuarios.

- 3) *Actividad 3: Feedback.* se cuenta con un repositorio para recibir sugerencias para la mejora continua de la WEB.

IV. CASO DE ESTUDIO

Se decidió realizar el modelado del edificio de la facultad de una universidad. En base a la metodología UP4VED se especificó cuatro fases con actividades y entregables propias que se desarrollaron acorde con los requerimientos del usuario y a los objetivos del proyecto.

A. Fase de Inicio

1) *Reunión inicial con el cliente.* El proyecto se inicia formalmente con la reunión de inicio con el cliente representante de la universidad. Se emite un acta de reunión.

Captura de Requerimientos. El analista capturó los requerimientos en distintas entrevistas con el cliente representante de la facultad. Los esfuerzos se centraron en definir los requisitos funcionales y no funcionales así como los aspectos de diseño e interfaz que se deseaban para el producto (véase Tabla II). En base a lo decidido con anterioridad se limitó al modelado y texturizado 3D del edificio de la facultad con sus principales objetos internos. Asimismo ciertas funcionalidades básicas son implementadas, con la posibilidad de futuras actualizaciones para una mejor experiencia del usuario. Se definieron los roles del equipo de trabajo y los objetivos del proyecto.

El uso de tecnologías Web3D se realizó acorde al procedimiento propuesto para el desarrollo del producto, de modo que al término del proyecto se sitúe el entorno virtual en un sitio web de la institución. Se elaboraron los artefactos de la Especificación de Requerimientos.

Se decidió utilizar el AutoCAD en su versión 2015 debido a ser el software más especializado y popular sobre diseño 3D arquitectónico entre las opciones presentadas. Autodesk 3ds Max será usado para el texturizado de la construcción 3D, debido a la facilidad con la que se trabajan los materiales y texturas en su viewport, así como su realismo.

TABLA II REQUERIMIENTOS

Tipo	Requerimientos
Requisitos Funcionales	RF 01 Hacer uso de un avatar, el cual representará al visitante durante el recorrido.
	RF 02 Permitir el segundo plano del usuario, es decir la visualización del avatar.
	RF 03 Permitir la carga de elementos para la composición del Entorno Virtual.
	RF 04 Permitir el desplazamiento por el entorno virtual.
Requisitos No Funcionales	RNF 01 El entorno virtual debe ser accedido directamente vía web.
	RNF 02 El entorno virtual debe tener autonomía y no depender de ninguna plataforma.
	RNF 03 En la programación del entorno virtual se debe utilizar un lenguaje de uso común para hacer más sencillo su mantenimiento en el futuro.
Requisitos de Interfaz	RI 01 El entorno virtual debe representar tridimensionalmente las estructuras de acuerdo a las medidas reales.
	RI 02 Las texturas usadas en estructuras y objetos deben basarse en fotografías reales.
	RI 03 El entorno virtual debe contener objetos 3D basados en el entorno real.

2) *Elaboración del Plan de desarrollo.* Se elabora el artefacto Plan de Desarrollo en base a las necesidades como resultado de la reunión con el usuario. Se establece el alcance que incluye el modelamiento 3D de los edificios de la facultad así como los principales elementos que contienen (véase Fig. 2).

Se definieron y asignaron los roles del equipo de trabajo y los objetivos del proyecto. El proyecto fue dividido en tres etapas. Se prioriza la primera etapa, el módulo del edificio principal. Para su desarrollo se considera tres iteraciones. La primera iteración incluiría el modelado 3D de la estructura del edificio

principal, iniciando en el piso inferior y culminando en el piso superior. La segunda iteración incluiría el modelado 3D de los objetos del ambiente interior, para lo cual se inicia desde el piso inferior. La tercera y última iteración incluiría el texturizado 3D de estructuras y objetos, regresando al piso inferior por última vez, para acabar finalmente en el último piso.

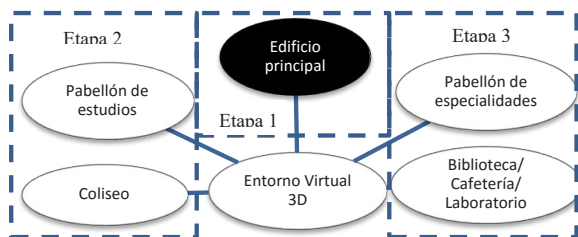


Figura 2. Esquema de diseño del Entorno Virtual

3) *Elaboración del diagrama general y especificaciones de Casos de Uso.* Se definieron a los principales actores, luego se realizó la especificación de los casos de uso identificados de acuerdo a los requerimientos capturados. Se elaboró además el modelo de casos de uso.

B. Fase de Elaboración

1) *Desarrollo de la Arquitectura del Sistema.* Generalmente un entorno virtual consiste de dos secciones: sección servidor y sección cliente. Se elaboró el artefacto Arquitectura de Sistema, donde se especificó la arquitectura cliente/servidor que utiliza el entorno virtual para su funcionamiento.

2) *Elección del software de modelado 3D.* Se buscaron distintas opciones de programas para el modelado y el texturizado 3D, de modo que se seleccione el óptimo y/o más adecuado para el proyecto en cuestión. Los software seleccionados fueron: Autodesk 3ds Max, Blender, Sketchup y AutoCAD.

3) *Recolección de planos.* Se solicitaron los planos de las estructuras del edificio principal de modo que puedan ser utilizados como guía para su modelamiento 3D. Los planos frontales y transversales de los pisos que la conforman (Desde el sótano hasta la azotea) especificaban medidas que se necesitaron en la extrusión de las paredes.

4) *Capturas fotográficas.* Se obtuvieron fotografías y videos de las estructuras y elementos internos con el fin de trabajar las texturas. Además sirvieron para verificar las discordancias con los planos.

C. Fase de Construcción

1) *Modelado 3D de las estructuras.* En el software AutoCAD 2015 se realizó la extrusión de las regiones en base a los planos conseguidos. Con el manejo de las distintas opciones de herramientas y propiedades, se logra modelar cada uno de los pisos de la construcción 3D. El archivo de Autocad debe ser

guardado bajo el formato FBX y no como archivo de Autocad DWG. La razón es que el motor Unity podrá leer los sólidos geométricos y las texturas sólo de esta forma.

2) *Modelado 3D de los objetos del entorno.* Se realizó el modelado de los objetos 3D del ambiente interno del edificio principal utilizando los distintos comandos y herramientas de Autodesk 3ds Max. Todos los elementos modelados (estructuras y objetos 3D) se almacenarán en una biblioteca de componentes que serviría para futuros proyectos de la facultad (véase Fig. 3).

3) *Texturizado 3D.* En Autodesk 3ds Max se importaron las fotografías de los ambientes del edificio principal y de los objetos del entorno de modo que se pudieran trabajar como texturas bitmap. De esta forma se hizo más sencillo modificar las propiedades del elemento como opacidad, reflejo o brillo según el modelador consideró necesario. Asimismo se utilizaron algunos de los distintos materiales que brinda el software como texturas. Por ejemplo el ladrillo para las paredes.

4) *Integración de elementos y exportación.* Luego de haberse texturizado los objetos 3D y las estructuras del edificio principal, se integraron los componentes y situaron acorde a su distribución en el espacio real. Se generó un archivo de extensión .fbx que fue exportado al motor Unity, con el fin de iniciar la programación (véase Fig. 4).

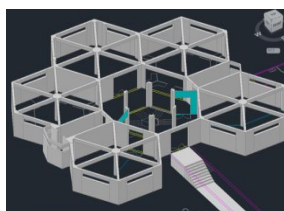


Figura 3. Modelado 3D del sótano del edificio principal

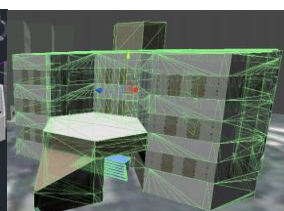


Figura 4. Modelo 3D del edificio principal en Unity

5) *Creación de Avatar.* Culminado el diseño estructural, se procedió a agregar mediante código un avatar al entorno. Este personaje representará durante el recorrido al usuario visitante y se decidió utilizar un modelo predeterminado por la herramienta.

6) *Programación de funcionalidades.* Construido el avatar y la construcción 3D en la plataforma Unity, se procedió con la programación de los componentes del entorno virtual según los requerimientos del cliente. Así se incluyó código para el uso de sensores que detecten la entrada del avatar a distintos escenarios, abriendo las puertas de forma automática. Se compiló y generó el Entorno virtual que sería enviado a un servidor temporal para iniciar las pruebas (véase Fig. 5). Para posteriores actualizaciones se realizarán otros tipos de implementaciones.



Figura 5. Gráfica del edificio final

D. Fase de Transición

1) *Procedimiento de Pruebas.* Se realizaron las pruebas necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del entorno virtual, así como el cumplimiento de los requerimientos del cliente.

2) *Publicación Web.* Se definió el servidor que albergaría el entorno virtual de la facultad. Se proporcionó un espacio en su sitio web para la promoción y exhibición del mencionado entorno tridimensional.

3) *Feedback.* Cuenta con un repositorio de sugerencias que es revisado para incorporar mejoras a la Web.

V. RESULTADOS

Para evaluar el impacto de la implementación del entorno tridimensional se elaboró un instrumento con preguntas relacionadas al uso de la tecnología, satisfacción del usuario, y futuros usuarios. Los resultados de la encuesta realizada muestran que la característica de ingreso directo por el navegador es una ventaja fundamental, puesto que un 70% de los usuarios que no habían utilizado antes tecnologías de entornos virtuales, consideran como razón principal para su desinterés el tiempo que implicaría instalar las plataformas de mundos virtuales en sus computadoras. Cuando se les preguntó sobre la satisfacción de los usuarios con el entorno virtual que se implementó, el 80% de los usuarios quedaron satisfechos con el prototipo. El 93% probaría la aplicación cuando se aloje en su versión final en la página oficial de la institución. Como parte de las lecciones aprendidas del desarrollo del proyecto se puede mencionar que a pesar de que existen herramientas para crear objetos 3D se requiere de práctica para desarrollar las habilidades técnicas. El crear objetos de alta calidad requiere el uso de herramientas profesionales y contar con equipos de alta resolución.

VI. CONCLUSIONES

Se introdujo el uso de tecnologías Web3D en la implementación de entornos virtuales del edificio principal de la facultad de una universidad peruana, ampliando las posibilidades de uso de plataformas de mundos virtuales. Con este propósito se definió el procedimiento para el desarrollo del entorno virtual tridimensional y la aplicación de tecnologías Web3D. La metodología UP4VED fue adaptada para ser usada en el proyecto y que servirá de guía en implementaciones futuras. Se diseñó e implementó un entorno virtual tridimensional aplicando

tecnologías Web3D. De este modo los usuarios podrán ingresar directamente desde el navegador sin necesidad de instalar algún software adicional o registrar una cuenta de acceso. Para facilitar el modelado y animación 3D en futuros proyectos, se deben disponer de planos exactos de las edificaciones, que no presenten inconsistencias con la realidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. Zhang, and Y. Yang, Design and implementation of virtual museum based on Web3D, Transactions on Edutainment III, LNCS, 5940, pp. 154–165, 2009.
- [2] J. Nadal, Gestión y visualización de museos virtuales 3d en línea, 2012 Recuperado a partir de <http://www.recercat.net/handle/2072/196454>
- [3] F. Liarokapis, N. Mourkoussis, M. White, J. Darcy, M. Sifniotis, P. Petridis, P. Lister, Web3D and Augmented Reality to Support Engineering Education. World Transactions on Engineering and Technology Education, 3(1), pp. 11–14, 2004.
- [4] M. González, T. García and M. Fernández, Mundos Virtuales 3D para la Comunicación e Interacción en el Momento Educativo Online. Historia y Comunicación Social, 19, pp. 417–430, 2014.
- [5] F. Buttussi, L. Chittaro and M. Coppo, Using Web3D Technologies for Visualization and Search of Signs in an International Sign Language Dictionary, Proceeding of the Twelfth International Conference on 3D Web Technology, Web3D 2007.
- [6] J. Cardona, UP4VED. Recuperado a partir de <http://www.jdcardona.com/post/3414728538/up4ved>, 2012
- [7] J. Lui, and M. Chan, An Efficient Partitioning Algorithm for Distributed Virtual Environment Systems, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 13 (3), March 2002.
- [8] M. Lozano, and C. Calderón, Entornos virtuales 3D clásicos e inteligentes: hacia un nuevo marco de simulación para aplicaciones gráficas 3D interactivas, Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial, 8(32), 2004.
- [9] A. Walsh and M. Bourges-Sévenie, Core Web3D. Prentice Hall Professional, 2001.
- [10] S. Tornincasa, Web3D Technology Applications for Distance Training and Learning: the Leonardo project WEBD, XII ADM International Conference, Italy 2001.
- [11] F. Remondino and S. El-Hakim, Image-based 3D Modelling: A Review. The Photogrammetric Record, 21(115), pp. 269–291, 2006.
- [12] M. Valencia and Vargas D, Análisis, diseño e implementación de un software para visitas virtuales 3D interactivas por instalaciones de la Universidad Tecnológica de Pereira, 2007, Recuperado a partir de <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/dspace/handle/11059/795>.
- [13] Q. Chen, A. Rahman, X. Shen and A. El Saddik, Navigating a 3D virtual environment of learning objects by hand gestures. International Journal of Advanced Media and Communication, 1(4), pp. 351–368, 2007.
- [14] L. Granados and J. Moreno, Construcción de Mundos Virtuales para el desarrollo de destrezas de lateralidad basado en Web3D. Revista Educación en Ingeniería, 9(17), pp. 13–25, 2014.
- [15] Project Management Institute (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge, 5th edition.

Modelado de Flujos de Trabajos orientados a Portales colaborativos en la educación

Modeling of the workflows oriented a collaborative portals in education

Ramírez-Salvador, José A.¹, Martínez-Alcalá, Claudia I.^{2,3}, Alonso-Lavernia M. A.¹

¹Área Académica de Computación y Electrónica. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, UAEH. Pachuca, Hidalgo.

²Área Académica de Gerontología. Instituto de Ciencias de la Salud, UAEH. Pachuca, Hidalgo.

³Cátedras-CONACYT. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D.F.

jose_ramirez@outlook.com, cimartinezal@conacyt.mx, marial@uah.edu.mx

Resumen — La implementación de flujos de trabajo (*workflows*) automatizados ha brindado un universo ilimitado de oportunidades dentro de distintos escenarios. El uso de los flujos de trabajo dentro del ámbito educativo permite simplificar, estabilizar y racionalizar la estructura de la misma. Este hecho atribuye nuevos roles a los alumnos y nuevos retos para el docente en el futuro y las instituciones formadoras. En este artículo se presenta una metodología que permite el proceso de modelado de flujos de trabajo automatizados. El modelado de dichos flujos se propone dentro de un contexto educativo como una herramienta de interacción que permita a los docentes y estudiantes transferir y generar conocimiento dentro del Portal colaborativo de la Maestría en Tecnologías de la Información en Educación (MTIE).

Palabras Clave – Portal Colaborativo; Flujos de trabajo; Modelo FlowEduca; Gestión de Procesos; Administración de Contenidos educativos.

Abstract —The implementation of automated workflows been provided an unlimited universe of opportunities within different scenarios. The use of workflows within the educational environment allows to simplify, rationalize and stabilize the structured in the same. This fact, assigns new roles to students and new challenges for teachers and the training institutions. A methodology that allows the modeling of automated workflows is here presented. The modeling of such flows are proposed within an educational context, as a tool of interaction that allows teachers and students to transferring and generate knowledge within the collaborative portal Master of Information Technology in Education (MITE).

Keywords – Collaborative portal; Workflow; FlowEduca Model; Process Management; Educational Content Management.

I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito educativo es muy importante el intercambio de conocimiento, por lo que resulta ideal aprovechar el potencial y el alcance que proporciona la automatización de procesos, para desarrollar ambientes de colaboración y la construcción colectiva del conocimiento [1]. Asimismo la capacidad de las instituciones educativas para adaptarse a las necesidades de la sociedad actual depende muchas veces de la explotación de ciertos procesos de formación, gestión y administración.

La necesidad de sistematizar, categorizar e identificar el contenido web presente en un espacio virtual ha provocado el desarrollo y la posterior consolidación de los portales web como contenedores de contenido vitales en la web, y por tanto, el establecimiento de nuevas modalidades de portales estrechamente vinculados a una actividad o comunidad concreta, como es el caso de portales web colaborativos [2]. Por su parte, el autor Carreño, R. [2], define portal web como la concentración de información y servicios en un mismo sitio web, siendo por lo tanto, un concepto mucho más amplio que el de una página o un conjunto de páginas web alojadas en un servidor.

Desde esta perspectiva, hoy en día, se ha incrementado el desarrollo de portales web enfocados a la colaboración que permiten el acceso a todo tipo de información. De acuerdo con los autores Benbya, H, *et.al.* [3], los portales colaborativos – como soporte a la administración del conocimiento – deben proporcionar un acceso integrado a la información, aplicaciones, procesos (de investigación, desarrollo o de negocios) y a las personas. El desarrollo de portales colaborativos permite que cualquier usuario que requiera información pueda tener acceso a ella, esta información debe ser estructurada de forma tal que facilite su búsqueda y acceso. En la educación superior, estos portales presentan grandes oportunidades tanto para los docentes, como para los estudiantes, en términos de accesibilidad y de flexibilidad. Es por eso que los portales colaborativos requieren una redefinición de los modelos tradicionales para conducir a un tipo de procesos de administración y de gestión [4].

Por otra parte, los flujos de trabajo automatizados son definidos como la automatización de procesos, en su totalidad o en parte, en función de sus documentos, información o tareas creados por un usuario a otro para realizar dicha tarea y/o actividad de acuerdo a un conjunto de reglas establecidas. Otra definición de este término es que es caracterizado por ser un conjunto de actividades que abarca la ejecución coordinada de múltiples tareas desarrolladas por diferentes entidades procesadoras para llegar a un objetivo común [5]. Los flujos de trabajo soportados por *Business Process Management* (BPM), tienen como objetivo alinear los procesos y recursos educativos

a la estrategia, objetivos y metas de la institución, con el fin de asegurar el cumplimiento de los mismos. Conjuntamente permite establecer un entorno de mejora continua con el fin de mantener la eficiencia educativa y operacional [6] [7].

El propósito de este artículo es presentar una metodología soportada por BPM, que permita el proceso de diseño de flujos de trabajo automatizados, los cuales logren estandarizar los procesos generados dentro de la Maestría en Tecnologías de la Información en Educación (MTIE). Para ello, este artículo se ha dividido de la siguiente manera: La sección I corresponde a la introducción del problema y algunas definiciones básicas que se utilizarán a lo largo de este artículo. En la sección II se presenta la conceptualización de los flujos de trabajo, su objetivo y la importancia de integrarlos en el ámbito educativo. En la sección III se describen los materiales y métodos adoptados para el desarrollo de este estudio. En la sección IV se describen las oportunidades de innovación que se obtuvieron al implementar los flujos de trabajo dentro de la MTIE, y por último, en la sección V se presentan las conclusiones de este estudio.

II. CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS FLUJOS DE TRABAJO

Con el objetivo de obtener una idea más clara del contexto actual del término “flujos de trabajo automatizados”, es necesario realizar una revisión de conceptos y características de estos.

A. Antecedentes conceptuales.

Los sistemas de flujos de trabajo automatizados se han definido como la automatización de procesos, en su totalidad o en parte, en función de cómo sus documentos, información o tareas son pasadas de un participante a otro para realizar su tarea de acuerdo a un conjunto de reglas. Al mismo tiempo están dirigidos por reglas específicas que permiten el control y seguimiento de las actividades que lo conforman [8].

El principal objetivo de los flujos de trabajo consiste en reducir el tiempo y acelerar la realización de un trabajo mediante el acercamiento de procesos, personas y máquinas, incluso permitiendo trabajar en equipo desde diferentes lugares. Además de esto, puede facilitar la movilidad del personal, mecanizar y automatizar métodos y organización en la información, ofrecer mecanismos de control y seguimiento de procedimientos de la empresa, agilizar el proceso de intercambio de información y toma de decisiones de la empresa, independizar el flujo de trabajo y método de quien lo realiza, etc. Puede ser muy interesante en el trabajo de gestión de stocks o control de existencias así como también en la gestión documental [9].

Principalmente, los flujos de trabajo buscan seguir la realización y consecución de las tareas o trabajos por medio de una secuencia de tareas del proceso de negocio. De esta manera organiza y controla recursos, tareas y las reglas para completar este proceso buscando una mayor agilidad y la descentralización de actividades comerciales y administrativas principalmente [10]. A las actividades y/o tareas asignadas dentro de las etapas de un flujo de trabajo, se les establecen recursos y roles específicos que cumplen con un objetivo para el que son definidas, realizándose de manera lógica y

secuencial. Esto con la finalidad de asegurar su posterior control y seguimiento.

Con esto se puede conseguir un control de todas las etapas y a su vez la automatización de los procesos de trabajo, por lo cual las tareas, información y documentos pasan por los participantes mediante una serie de procedimientos que se han establecido. Para ello en muchos casos se recurre a varias aplicaciones informáticas y software que ayudan a controlar el flujo de trabajo en todos sus aspectos. Del mismo modo, varios investigadores han identificado los flujos de trabajo, como el modelo de la informática que habilita un método normal de construir redes para soportar aplicaciones y procesos que se conectan e intercambian información entre sí [11].

B. Necesidad de estandarización de los procesos educativos.

El sector educativo es decisivo para la formación y el desarrollo del capital humano de cada nación, ya que permite trabajar en la innovación para lograr un crecimiento sostenible. Además, es un hecho importante que las instituciones educativas requieren de la administración y gestión de información básica sobre los flujos de trabajo de alumnos y profesores y del control de solicitudes generadas por los diferentes actores. Sin embargo, muchas veces la información en las instituciones educativas se encuentra en papel y dispersa en diversos sistemas, por lo que se requiere invertir mucho tiempo en recabar y analizar la información para tomar decisiones efectivas y para que exista una mejora continua.

Aquí es donde la adopción de flujos de trabajo automatizados toman un papel importante dentro del ámbito educativo, pues estas brindan la oportunidad de utilizar un portal web integral y centralizado que proporcione toda la información académica y administrativa, lo que permitiría disminuir los tiempos de respuesta, la colaboración en la realización de tareas y/o eventos comunes, entre otros beneficios. Al incorporar flujos de trabajo automatizados en la educación, puede lograrse que los estudiantes logren acceder a información, formatos, documentación, secuencias didácticas y demás materiales generados de manera más rápida y eficaz. A su vez, los profesores pueden dar seguimiento a solicitudes, documentos y material generado por los alumnos y proporcionar realimentación en tiempo real. En este contexto, es un hecho que las instituciones educativas deberán aprovechar los beneficios que proporcionan los flujos de trabajo para automatizar sus procesos administrativos y operativos. Además, el uso de los flujos dentro del ámbito educativo permitirá simplificar, estabilizar y racionalizar la estructura de la misma. Cuando la estructura ya está racionalizada, su analogía con otras estructuras similares será más obvia. Esto quiere decir que las herramientas y facultades de dirección podrían ser aprendidas, aplicadas e implementadas con mayor facilidad, repercutiendo en beneficio de la institución educativa. En este sentido la tarea principal en la automatización de los procesos educativos será la de definir el grado de estructuración del proceso a partir de sus reglas y tareas asociadas, lo cual coadyuva a determinar el nivel de automatización que será requerido.

III. MATERIALES Y METODOS

En esta sección se presenta la metodología implementada para el proceso de modelado de flujos de trabajo automatizados.

A. Metodología para el modelado de flujos de trabajo automatizados.

El Modelo FlowEduca es una metodología basada en el BPM [7], para la aplicación de flujos de trabajo en el ámbito educativo. La finalidad del Modelo FlowEduca es mejorar los procesos y lograr mayor eficiencia educativa, con capacidad de adaptación a los cambios académicos. Está conformado por 5 fases: Análisis, Diseño, Implementación, Ejecución y Monitoreo, las cuales se describen en la Fig. 1 que se muestra a continuación:

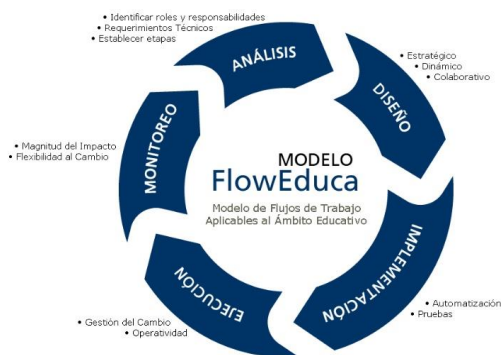


Figura 1. Metodología para el modelado de flujos de trabajo automatizados: Modelo FlowEduca.

En la fase de Análisis se identifican los actores participantes, los cuales se agrupan en roles para mantener un control de las responsabilidades que comparten en común y su participación en las diferentes etapas que conforman el proceso. Se elige una plataforma que soporte la continuidad de las actividades y garantice un seguimiento correcto a las solicitudes. Durante la fase de Diseño se modela el flujo, aplicando la base de los diagramas BPMN (Business Process Modeling and Notation) [12][13], cuya característica es generar una representación gráfica estándar de fácil entendimiento para todos los involucrados e interesados en el proceso. El diseño debe contener una base estratégica de las etapas que conforman el flujo, permitiendo un proceso dinámico y colaborativo entre los roles.

En la fase de Implementación se automatizan las etapas en la plataforma elegida durante el análisis, y debe estar alineado a los diagramas de la fase de diseño. Se deben realizar las pruebas que se consideren necesarias hasta validar su correcta funcionalidad. Posteriormente pasa a una fase de Ejecución que da seguimiento a la operatividad del flujo directamente en el proceso, permitiendo analizar su uso a través de la Gestión del Cambio para garantizar su mayor aceptación a través de la campaña de adopción. Finalmente en la etapa de Monitoreo se mide el impacto que pudo generar el flujo implementado, se conoce la magnitud del beneficio otorgado, así como

documentar las necesidades o cambios en el proceso como parte de la mejora continua para su posterior implementación generando un ciclo en el modelado del flujo.

B. Funcionalidad dentro del Portal Colaborativo

Se presenta los servicios que son asistidos a través de los flujos de trabajo cuyo diseño de los diagramas integra el uso del modelo de proceso BPM, el cual permite desarrollar flujos con características orientadas a estrategias, administración, estructura organizacional y cultura, haciendo uso de un lenguaje simple y de fácil entendimiento por cualquier persona. Dichos servicios son: Proceso de selección al Programa, Seguimiento de Proyecto Terminal (PT) y Validación de Objetos de Aprendizaje a través de MEDOA.

El primer servicio ofrecido está encaminado al *Proceso de Selección al Programa*, dentro del cual el aspirante registra sus datos generales, adjunta la documentación requerida y elige el tipo de ingreso (por examen o curso propedéutico), el sistema notifica al Coordinador quien debe verificar la información registrada y aprobar o rechazar teniendo como criterio principal cumplir con la documentación solicitada. Una vez realizada la aprobación, el sistema notifica al aspirante Lugar, Fecha y Hora para el examen en caso de haber elegido esta opción o proporciona información acerca del curso propedéutico así como de las fechas a realizarse. Posterior a la presentación del examen o cursar el propedéutico por parte del aspirante, los docentes deben ingresar la calificación obtenida, el sistema notifica al Coordinador que debe definir fecha y hora para entrevista, el sistema debe notificar al aspirante de esta decisión. El tribunal de docentes designado entrevista al aspirante y documenta sus comentarios y observaciones, el sistema notifica al Coordinador del resultado de la entrevista para que coteje versus resultados del curso o examen y apruebe o no el ingreso al programa de MTIE. Finalmente el sistema debe notificar al estudiante si fue aprobado o rechazado, así como los respectivos comentarios sugeridos. En caso de ser aprobado debe tener acceso a la Carta de Aceptación para su respectiva impresión. La Fig. 2 se muestra el proceso de negocio para la selección de aspirantes.

El segundo servicio contemplado es para el *Seguimiento de Proyecto Terminal*, proceso de importante presencia debido a que se está ejecutando a lo largo del ciclo académico del estudiante. El Coordinador debe proveer la documentación necesaria en el sistema, tales como: Modelo de Seguimiento, Estructuración y Tipos de Proyecto Terminal (Estrategia Didáctica o Desarrollo Tecnológico), Rúbricas de Revisión y Formatos de Calificación de Avances por Semestre. Adicionalmente el Coordinador debe publicar las fechas de presentaciones y lineamientos como fechas límite para subir documentación al Sistema de Gestión de Aprendizaje. El sistema debe notificar al estudiante y al tribunal de la información publicada por el Coordinador. Al finalizar la presentación de avances de PT del estudiante, el tribunal debe registrar la calificación asignada, así como el Tutor indicar su conformidad con el reporte de Tutoría y/o Asesorías. El sistema notifica al Coordinador que debe complementar con documentos del Acta y Documento Revisado con comentarios del tribunal. El sistema debe notificar al Estudiante y Tutor acerca del veredicto (Ver Fig.2).

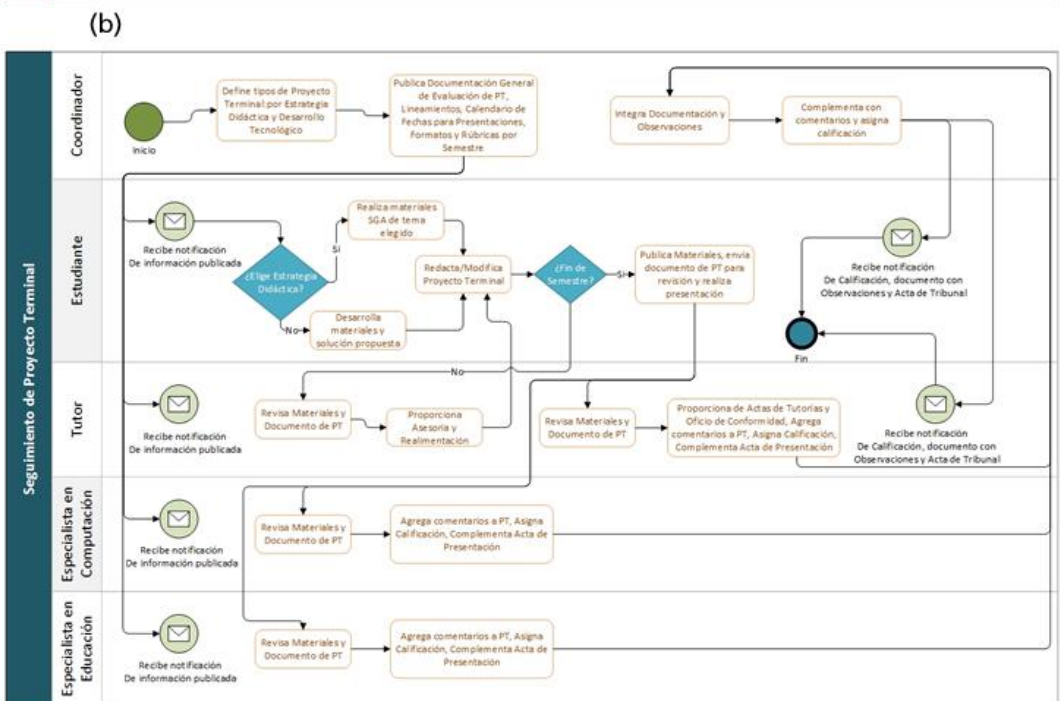
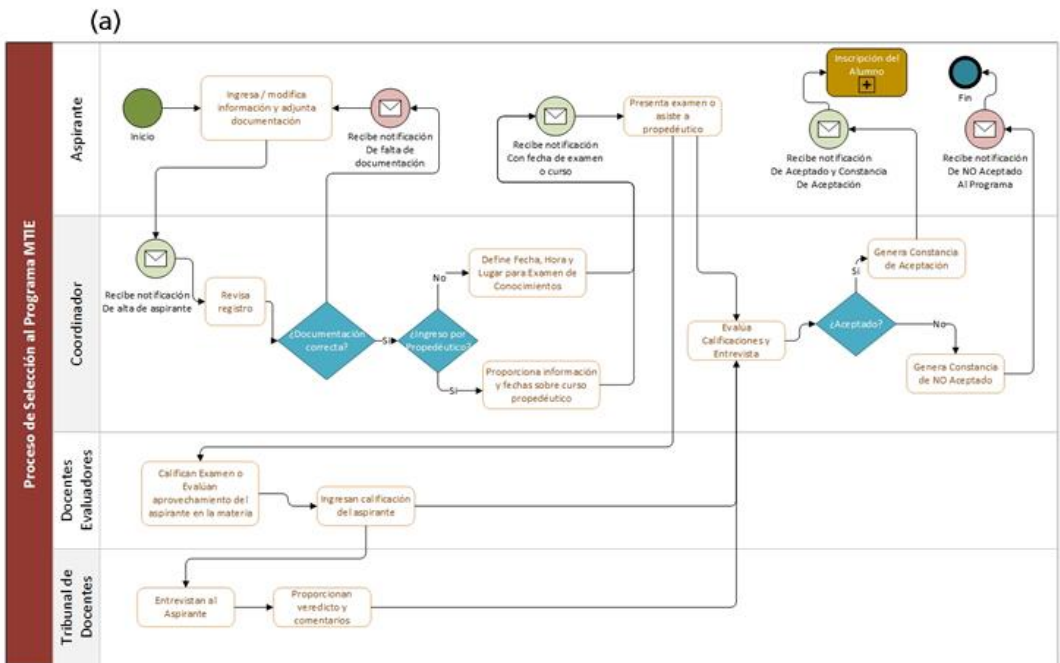


Figura 2. (a) Diagrama de Proceso de Selección; (b) Diagrama de Proceso de Seguimiento de Proyecto Terminal.

El tercer servicio asistido es la *Validación de Objetos de Aprendizaje* a través de MEDOA (Metodología para el Desarrollo de Objetos de Aprendizaje). Este proceso es parte de la esencia del Programa de MTIE debido al enfoque hacia la generación de materiales educativos, siendo los objetos de aprendizaje el principal foco de atención por ser el medio donde se integran gran parte de los contenidos generados por el estudiante. El proceso inicia cuando el Coordinador o el Docente asignado a la materia de Objetos de Aprendizaje (OA) proporcionan la documentación y comparte el objetivo de MEDOA al estudiante. El Estudiante debe conocer las características y poner en práctica MEDOA al definir el tema de su OA e ingresarlo al sistema registrando información de las respectivas fases y eligiendo los asesores de Contenido, Pedagógico y Psicológico, quienes le apoyaran para elaborar un correcto OA. A lo largo del desarrollo del objeto de aprendizaje, los asesores realizan aportaciones a través de asesoría y realimentación que el estudiante deberá atender a través de las modificaciones del OA. El estudiante puede publicar el producto final del objeto de aprendizaje cuando sus asesores han aprobado el material y el Coordinador autoriza posterior a la revisión, de lo contrario el sistema notifica al estudiante y asesores las observaciones realizadas (Ver Fig.3).

IV. RESULTADOS Y/O DISCUSIÓN

En esta sección mencionamos las oportunidades de innovación que se obtuvieron al implementar los flujos de trabajo dentro del programa de MTIE.

A. Programa de MTIE

El programa de MTIE surge como respuesta a las necesidades estatales, nacionales e internacionales por

incorporar el uso de las TIC en la práctica docente. Esta maestría es de modalidad profesionalizante, lo cual permite a los docentes que se encuentran activos en diferentes instituciones educativas, puedan continuar actualizándose. El programa de posgrado de la MTIE ofrece una formación de excelencia para profesionistas dedicados a la Educación y enfocada a los aspectos tecnológicos y didácticos de la práctica docente, con la finalidad de contribuir en su formación para que desarrollen un proceso de enseñanza-aprendizaje de calidad.

Dentro del programa de MTIE surgió la necesidad de estandarizar los procesos educativos y administrativos debido a la notable desorganización en el seguimiento y aprobación de los materiales generados por los estudiantes, así como lentitud en las solicitudes de los procesos administrativos y documentación académica. Es por ello, que se tomó la decisión de desarrollar una metodología que permita el modelado de flujos de trabajo automatizados de uso en el ámbito educativo adaptable a los diferentes procesos educativos y administrativos.

B. Oportunidades y beneficios

La implementación de flujos de trabajo automatizados dentro del programa de MTIE impactó en varios aspectos críticos de la educación actual:

- Reducción en los tiempos de respuesta a solicitudes que llevó tanto a alumnos como a docentes a otro nivel de mejora continua;
- Disminución de tiempos para localizar información o formatos de planes de trabajo, secuencias didácticas y

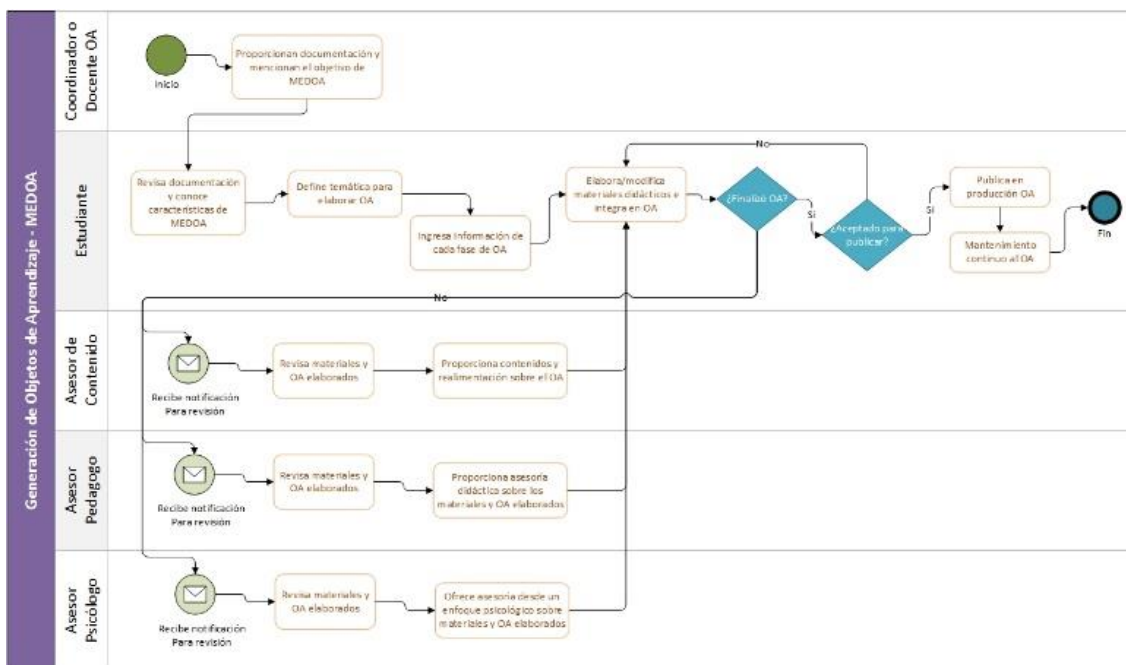


Figura 3. Diagrama de Proceso de Validación de Objetos de Aprendizaje (MEDOA)

demás materiales generados;

- Identificación de roles y responsabilidades de alumnos y docentes;
- Estandarización de los procesos anteriormente desorganizados;
- Estructuración correcta de las etapas de cada proceso y correcta ejecución de los mismos;
- Alinear estrategias, metas y objetivos trazados por cada proceso;
- Aprobación de solicitudes, documentos y material generado por los alumnos;
- Colaboración en la realización de tareas y/o eventos comunes;
- Aumento de la calidad de los proyectos terminales generados por los alumnos del programa;
- Incremento en el número de aspirantes al programa considerando que el seguimiento al proceso ha mejorado eficazmente;
- Más y mejores objetos de aprendizaje elaborados; y por último;
- Ampliar el horizonte de oportunidades para automatizar otros procesos identificados.

C. Riesgos y Limitaciones

La implementación de flujos de trabajo dentro del ámbito educativo cuenta con las siguientes limitantes y/o riesgos:

- Dificultad para acceder a las personas involucradas y conocer el contexto general del proceso.
- Dejar espacios viciosos en la identificación de actividades y responsabilidades.
- Lentitud de la plataforma para procesar simultáneamente solicitudes.
- Complejidad para entrelazar flujos cuando no se cuenta con el diseño y diagrama correctamente definido.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, contar con una correcta metodología y flujos de trabajo para regular y alinear procesos permiten incrementar la eficiencia y eficacia en los recursos y materiales que se generan, y con la decisión de implementar el Modelo FlowEduca en el programa de MTIE esto ha traído consigo una gran cantidad de beneficios tanto en los procesos educativos como en los administrativos.

Un cambio significativo se puede encontrar en el seguimiento de proyectos terminales, cuyos productos entregados por los alumnos han mejorado estratégica y didácticamente debido en gran parte por los flujos de

aprobación que fueron adoptados muy eficientemente por docentes y estudiantes. Otro aspecto con notable mejora se presenta en la generación de Objetos de Aprendizaje, donde los asesores han estado en cercanía con las respectivas revisiones y realimentaciones a través de los flujos, teniendo un control de calidad al momento de publicar los materiales generados con base a notificaciones de fechas de entrega.

Como trabajo futuro tenemos contemplado presentar los resultados de la aplicación práctica en otra publicación. Y con esto poder avanzar en el diseño e implementación del modelo en otros ámbitos educativos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido patrocinado por el Área Académica de Computación y Electrónica del Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través del Programa Cátedras CONACyT en las instalaciones del Área Académica de Gerontología del Instituto de Ciencias de la Salud, UAEH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] G. Jones and E. Sallis, *Knowledge Management in Education: Enhancing Learning & Education*. 2013.
- [2] R. L. Carreño, "Los Portales Educativos: clasificación y componentes," *An. Doc.*, vol. 10, pp. 233–244, 2007.
- [3] H. Benbya, G. Passiante, and N. A. Belbaly, "Corporate portal: a tool for knowledge management synchronization," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 24, no. 3, pp. 201–220, 2004.
- [4] R. N. Katz, "Web Portals & Higher Education," in *CA: Jossey-Bass.*, 2002.
- [5] I. Waddell, N. Jones, C. Steed, X. Yuan, and Y. Li, "Using the Workflow Technology in Secure Software Engineering Education," in *Proceedings of the 14th Colloquium for Information Systems Security Education*, 2010, pp. 76–82.
- [6] P. Trkman, "The critical success factors of business process management," *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 30, no. 2, pp. 125–134, 2010.
- [7] W. M. Aalst, Van Der, A. H. Ter Hofstede, and M. Weske, "Business Process Management: A Survey," *Springer Berlin Heidelberg.*, pp. 1–12, 2003.
- [8] S. B. Davidson and J. Freire, "Provenance and scientific workflows: challenges and opportunities," in *Proceedings of the 2008 ACM SIGMOD international conference on Management of data*, 2008, pp. 1345–1350.
- [9] A. Aquiles Bedriñana, "The Workflow technologies in business management. Las tecnologías Workflows en la gestión empresarial.," *Fac. Ciencias Adm.*, vol. 3, no. 6, pp. 45–47, 2000.
- [10] T. Gross and S. Pekkola, "Three Levels of Failure: Analysing a Workflow Management System," in *Reframing Humans in Information Systems Development*. Part of the series *Computer Supported Cooperative Work*, 2010, pp. 191–210.
- [11] S. Wu, "A New Method of Exception Handling in Workflow," in *International Symposium on Intelligent Ubiquitous Computing and Education*, 2009, pp. 420 – 422.
- [12] J. Jeston and J. Nelis, "Who should be involved BPM and what are the critical success factor," in *Business Process Management*, 2014, p. 688.
- [13] S. A. White. *BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN*. 2008.

Modelo de Implementação de *Business Analytics*

Fases e fatores críticos de sucesso

Framework to Implement Business Analytics

Phases and critical success factors

Raul M. S. Laureano

Luis Miguel da Silva Laureano

Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Lisboa, Portugal

Business Research Unit (BRU-IUL), Lisboa, Portugal

Av. das Forças Armadas, Lisboa

1649-026 Lisboa, Portugal

raul.laureano@iscte.pt e luis.laureano@iscte.pt

Ana Rita Resende Rodrigues Grencho

BI4ALL

Rua Basílio Teles n°35

1070-020 Lisboa, Portugal

rita.rre01@gmail.com

Resumo — *Business Analytics* é um sistema de informação que integra dados de diferentes fontes, internos ou externos à organização. Centra-se no negócio e agrupa três tipos de análises: descritiva, preditiva e prescritiva. Estas análises ajudam a melhorar o conhecimento dos gestores e o processo de tomada de decisão. A vantagem competitiva é criada através de melhor e maior compreensão dos dados. Este estudo apresenta uma proposta de um modelo de implementação de soluções de *Business Analytics*, incluindo a identificação de um conjunto de fatores críticos de sucesso, que contribuem para o seu êxito. São identificados 18 fatores críticos e definidas cinco fases enquadramento, iniciação, planeamento, execução e evolução. A validação do modelo tem por base entrevistas com especialistas em *Business Analytics* de empresas que atuam na área das tecnologias de informação e que já implementaram soluções deste âmbito. O estudo contribui, assim, para a ampliação do conhecimento dos gestores sobre *Business Analytics* e sua implementação, permitindo às organizações a criação de valor e, consequentemente, de vantagem competitiva.

Palavras Chave - *business analytics*; *fatores críticos de sucesso*.

Abstract — *Business analytics* is an information system that combines different data from internal and external sources from organizations in order to help to improve the knowledge of the managers, as well as the decision making process. The competitive advantage is created by better and greater understanding of the data. It focuses on business and gathers three types of analysis: descriptive, predictive and prescriptive. This study aims to propose a framework that can guide companies in the implementation of business analytics solutions. Moreover, it aims to identify a set of critical success factors that can increase the probability of a successful implementation of the system. The framework and the critical success factors are validated through semi-structured interviews with experts in business analytics, working in the information technology industry. The results let us propose a framework with five stages and the identification of 18 critical success factors. This study allows to expand the knowledge that managers have of business analytics and its implementation, allowing the organization to create value and therefore a competitive advantage.

Keywords - *business analytics*; *critical success factors*.

I. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico levou à recolha e armazenamento de enormes quantidades de dados, mas, nem sempre, as organizações sabem como utilizá-los eficazmente, no processo de tomada de decisão. No intuito de auxiliar as organizações a criar vantagem competitiva através da melhor e mais aprofundada compreensão dos dados disponíveis foram criadas ferramentas de análise [1], enquadradas no *Business Analytics* (BA).

O BA está relacionado com tecnologias, sistemas, práticas e aplicações que permitem analisar dados críticos do negócio, em tempo útil. Visa a obtenção de novos *insights* sobre o negócio e os mercados [2][3]. Estes *insights* são utilizados na tomada de decisão, para, entre outros, melhorar os produtos e serviços, conseguir uma melhor eficiência operacional, e fomentar relacionamentos com os clientes [2].

Por outro lado, o BA tem emergido como uma importante área de estudo, refletindo a magnitude e o impacto dos problemas relacionados com os dados, que carecem de serem resolvidos nas organizações empresariais contemporâneas [2].

Neste âmbito, esta investigação tem como objetivo propor um modelo de implementação de soluções de BA, que possa contribuir para o sucesso do investimento. Para isso, o modelo identifica as diferentes fases a percorrer durante a implementação e os recursos necessários a alocar ao projeto, de modo a que a solução de BA permita criar valor ao negócio. Em suma, pretende-se: (1) identificar fases e atividades de gestão de projetos aplicados ao BA, e (2) identificar os fatores críticos de sucesso (FCS) aplicáveis ao BA.

Atendendo aos objetivos optou-se por uma abordagem qualitativa, em que se realizaram entrevistas a especialistas de BA, com experiência comprovada na implementação de soluções de BA, com o intuito de definir o modelo e o conjunto de FCS que as organizações devem garantir no momento de se avançar para o investimento em BA.

Este estudo contribui para ampliar o conhecimento na área do BA e, em particular, transmitir às organizações um modelo de implementação de BA que lhes permita, com maior

probabilidade, criar valor a partir dos dados que têm ao seu dispor, quer internos, quer externos. Sendo um tema ainda pouco investigado, é importante dar a conhecer às organizações portuguesas o potencial do BA e quais os fatores críticos de sucesso associados a um sistema desta natureza. Adicionalmente pretende-se avançar no conhecimento ao caracterizar e validar um modelo para a implementação do BA, permitindo aos académicos e investigadores usarem este modelo nas suas atividades e, assim, fazerem chegar às organizações o *know-how* que permite implementar o BA e diagnosticar eventuais problemas que possam surgir nas diferentes fases de implementação.

II. BUSINESS ANALYTICS

Um sistema de informação (SI) tem como objetivo alargado apoiar a organização a atingir os objetivos estratégicos. Engloba a recolha, o armazenamento, o processamento e a distribuição da informação pela organização [4]. No entanto, nem sempre os projetos de implementação de SI têm sucesso, o que leva à necessidade de uma abordagem cautelosa [5].

Os gestores têm de ter uma visão alargada sobre o ambiente de negócio e os desafios do mercado. Com o intuito de fazer face aos desafios é fundamental delinear a estratégia e os objetivos estratégicos correspondentes. Para tal é necessário planear e coordenar os recursos essenciais, de modo a alcançar o sucesso da organização. Os SI desempenham um papel fundamental neste sentido, dado que ajudam os gestores a reorientar a organização [6]. De facto, os SI fornecem os meios para obter informação, permitindo uma gestão do negócio mais eficaz e competitiva [7].

A avaliação das desvantagens e benefícios da implementação de um SI é imprescindível, já que requer um elevado investimento de tempo, custo e experiência [5]. Adicionalmente, a consciencialização dos riscos que podem suceder durante a implementação é fundamental, permitindo aos gestores saberem como lidar com estas situações. Em geral, os problemas de implementação são relativos ao negócio e não aos desafios técnicos referentes ao desenvolvimento dos SI.

Um SI é composto por três dimensões: (1) gestão, (2) organização, e (3) tecnologia. Cada uma delas tendo características e funções distintas, mas todas sendo imprescindíveis na implementação do SI. Após a implementação, as organizações adquirem novas soluções de negócio, ao conseguirem tirar benefícios do SI para melhorar a sua performance. No entanto, com estas novas soluções surgem novos desafios de negócio, o que leva a novos ajustamentos nos SI. Assim, tem-se um ciclo de implementação de um SI, que acompanha a evolução da organização [6].

Apenas nos últimos anos a análise passou a ser utilizada como uma função organizacional, tendo vindo a atrair a atenção das organizações. Estas procuram na análise o segredo que lhes permita competir e vencer [8]. Embora o BA seja relativamente recente, tem já um enorme impacto organizacional, ao permitir às organizações criar valor. De facto, o BA é muito mais do que relatórios, pesquisas ou atividades de *Business Intelligence* [9]. É um sistema que inclui pessoas, processos e tecnologias, que permitem transformar

dados em perceções que impulsionam as ações e decisões de negócio [10].

O BA ajuda as organizações a tomar melhores decisões e a implementar novas medidas e ações [11]. A geração de informação e a criação de conhecimento associadas ao BA traduz-se num impacto direto sobre os resultados do negócio. Na verdade, ao extrair valor da informação, as organizações ficam melhor posicionadas para aperfeiçoar a qualidade dos seus dados, fazer as perguntas certas no momento certo e fornecer uma visão do negócio, de forma mais intuitiva, aos seus gestores [3].

O BA é um processo que começa com um conjunto de dados relativos ao negócio e que aplica, sequencialmente, três componentes analíticas: (1) análise descritiva, refere-se aos acontecimentos do presente e respetivas causas, (2) análise preditiva, elabora uma previsão do que pode acontecer num futuro próximo, e (3) análise prescritiva, utiliza as tendências e previsões para tomar decisões [12][13]. Por outro lado, o BA pode ser definido como a integração de diversos sistemas fonte internos e externos da organização, que são necessários para responder e auxiliar na tomada de decisão sobre futuras necessidades do negócio [9]. Qualquer que seja a definição de BA existe consenso de que o seu resultado auxilia a tomada de decisão e impulsiona o desempenho organizacional.

A literatura apresenta inúmeras vantagens do BA. O BA permite que as organizações aumentem o volume de negócios e melhorem a eficiência, reduzam os custos e consigam inovar para, assim, melhor competirem no mercado em que estão inseridas [14]. A transformação dos inúmeros dados armazenados em informações pode ser útil para testar hipóteses, ver tendências e tomar melhores decisões [11]. Por outro lado, as ferramentas do BA ajudam as organizações a minimizarem os riscos, a encontrarem os clientes mais rentáveis, a identificarem novas oportunidades de negócio e a decidirem onde devem focar a sua atividade. Tudo isto em tempo útil. Neste cenário, o objetivo é criar valor, otimizando os processos e qualidade do serviço prestado. As evidências de que as organizações com mais competências de BA superam os concorrentes que não possuem estas capacidades analíticas são cada vez mais acentuadas [15].

Existem diferenças na utilização do BA nas organizações. Por um lado, o BA pode ser utilizado somente para resolução de problemas específicos e pontuais. Por outro, existem organizações que, sistematicamente, tiram partido do BA para explorar e descobrir conhecimento com o objetivo de melhorarem o seu desempenho [12].

Qualquer que seja a perspetiva de utilização do BA, para que este seja eficaz é fundamental ter bem definidas as questões chave do negócio [9] e assegurados os FCS dos projetos de BA. A identificação dos FCS é importante no processo de implementação de um SI, garantido que os eventos que ocorrem afetam o sucesso do projeto e minimizam os impactos negativos. Na literatura, diversos autores identificam FCS que influenciam o sucesso do BA, ao contribuírem para o alinhamento da estratégia da organização com a solução de BA a implementar. Destacam-se: (1) estrutura hierárquica, definição da estratégia da organização e definição dos objetivos estratégicos [16], (2) identificar as questões chaves do negócio,

qualidade dos dados e integração entre os diferentes sistemas da organização [9], (3) competências analíticas individuais e de equipa [15], e (4) definição do problema e dos processos de negócio [12]. Estes FCS relacionam-se com as três dimensões dos SI: organização, gestão e tecnologia.

III. PROPOSTA DE MODELO DE IMPLEMENTAÇÃO

A implementação do BA requer uma sequência clara de fases para que seja bem-sucedida, sendo necessário o acompanhamento e a avaliação dos processos e das ferramentas implementadas ao longo dessas fases. A Figura 1 apresenta uma proposta de modelo para a implementação do BA, baseada na literatura. O modelo incorpora quatro fases (iniciação, planeamento, implementação e manutenção evolutiva), inspirando-se nas fases da metodologia de desenvolvimento de projetos PMBOOK [17]. Simultaneamente, o modelo evidencia a necessidade de ocorrer uma avaliação de âmbito, tempo, custo, qualidade e risco do projeto. As fases são caracterizadas como divisões de um projeto, onde é fundamental que exista controlo para uma gestão eficaz. O trabalho realizado em cada fase do projeto tem objetivos distintos e envolve diferentes capacidades e competências por parte da organização [17].

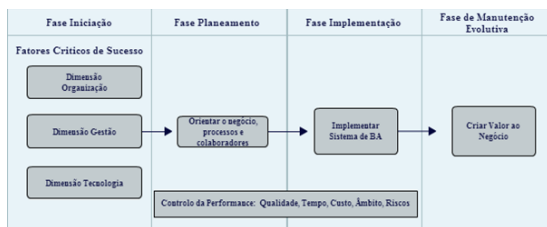


Figura 1. Proposta de modelo para a implementação de BA

Deste modo, a proposta de modelo considera que: (1) a fase de iniciação tem como atividade a verificação do conjunto dos FCS (organizacionais, de gestão e tecnológicos) e o conjunto de processos realizados para definir um novo projeto ou uma nova fase do projeto, (2) quando o projeto entra na fase de planeamento realiza-se a atividade de orientação dos processos, colaboradores e negócio, de modo a existir uma preparação para a mudança que, necessariamente, o BA traz, incluindo-se os processos necessários para estabelecer o âmbito, objetivos e tarefas a realizar, (3) na fase de implementação a única atividade prevista é implementar o sistema de BA de modo a cumprir as especificações do projeto, (4) nestas duas últimas fases decorre uma atividade de monitorização e controlo para avaliar as áreas core de um projeto (qualidade, tempo, custo, âmbito e risco), e (5) a última fase, designada de manutenção evolutiva e não de encerramento, traduz a constante mudança do sistema de informação devida às novas necessidades do negócio.

No entanto, esta proposta de modelo requer a sua validação, quer em termos de conteúdo, quer em termos empíricos.

IV. METODOLOGIA

O modelo proposto na secção anterior requer a sua validação, quer no que respeita às fases e atividades, quer aos FCS de um projeto de BA. Só um modelo validado pode garantir, efetivamente, que o sistema de BA é bem-sucedido.

Neste contexto, a opção metodológica recaiu numa análise qualitativa, em que a realização de entrevistas a especialistas, com experiência na implementação de sistemas de BA, permite o ajustamento da proposta de modelo à realidade empresarial. O processo de seleção dos entrevistados começou com uma pesquisa na Internet de empresas da área das tecnologias que tivessem projetos de BA. Identificadas as empresas, estas foram contactadas via correio eletrónico, referindo-se as características do estudo e os objetivos da entrevista, para aferir a sua disponibilidade em colaborar na investigação. Sete empresas aceitaram colaborar, tendo sido agendadas as respetivas entrevistas. Na realização das entrevistas utilizou-se um roteiro semiestruturado para dar oportunidade aos especialistas de acrescentar informações relevantes sobre o BA e, em particular, sobre o modelo para a sua implementação.

As entrevistas foram realizadas no período de três de dezembro de 2014 a treze de fevereiro de 2015, e todas elas ocorreram nas instalações das respetivas empresas, exceto uma entrevista que se concretizou via Skype devido à distância entre entrevistado e entrevistador. As entrevistas tiveram durações diferentes, variando a sua duração entre quarenta e cinco minutos e uma hora e trinta minutos. A Tabela I apresenta uma breve caracterização dos entrevistados (especialistas em BA) e das respetivas empresas. Todas as empresas localizam-se na zona de Lisboa ou Porto e a sua dimensão, aferida pelo número de colaboradores, varia entre pequena empresa (18 colaboradores) e média empresa (160 colaboradores). Em relação aos entrevistados, todos são do género masculino e a sua formação académica tende a ser nas áreas de engenharia. É de realçar que um entrevistado é da área de economia e, por isso, mais sensível a problemas que os gestores enfrentam no seu dia-a-dia, quer de índole mais operacional, quer de nível estratégico.

TABELA I. CARACTERIZAÇÃO DOS ENTREVISTADOS

ID	Nome (<i>formação e cargo</i>)	Empresa (<i>colaboradores e receitas</i>)
JM	João Morgado (- ; Consultor de BA)	Arquiconsult (80; -)
RD	Rui Dias (Matemática aplicada; Professional services director)	SAS (70; 8 milhões euros)
JC	João Pires Cruz (Engenharia física; Partner)	Closer (160; 5 milhões euros)
RA	Rui Afeiteira (Engenharia informática; Project manager)	BI4ALL (80; 4,5 milhões euros)
JG	José Gomes (Engenharia electrotécnica; CEO)	Glandrive (30; -)
NS	Nuno Santos (Economia; Diretor da área consultoria)	PSE (18; 2 milhões euros)
NA	Nuno da Mata Almeida (Engenharia informática; Managing consultant)	Timestamp (160; 12 milhões euros)

V. RESULTADOS

Os resultados das entrevistas aos especialistas que conduziram ao ajustamento do modelo proposto (Figura 1) são apresentadas para cada uma das fases da nova proposta de modelo de implementação de BA (Figura 2), evidenciando-se as alterações realizadas em relação ao modelo inicial.

A. Fase de Enquadramento

A primeira fase do modelo inicial (iniciação) foi substituída por uma fase de enquadramento do negócio. Os diferentes especialistas referiram que é fundamental existir uma avaliação do negócio antes de se iniciar a implementação do sistema de BA. Esta fase contempla a elaboração de um caso de negócio, onde a organização avalia diferentes componentes, como, por exemplo: identificar necessidades do negócio, proposta de possíveis soluções, análise custo/benefício, e medição do impacto.

Esta necessidade é evidenciada pelas afirmações dos entrevistados. Por exemplo, NA afirma que *“as organizações quando implementam o BA têm de ter um objetivo, como também, têm de perceber o propósito do que vão implementar. Só é possível a compreensão destes pontos quando se realiza o caso de negócio. Antes da fase de iniciação do projeto tem de existir inevitavelmente uma necessidade de negócio, que tem de ser explicada, e tem que se analisar o retorno para a organização”*. Assim, foram acrescentados ao modelo conceptual o levantamento de necessidades do negócio e o respetivo retorno que a solução produz para a organização, extraído a partir de uma análise de custo/benefício.

Com a mesma opinião, JG afirmou que *“o início de um projeto de BA começa com um autoestudo do negócio, com o objetivo de perceber o que se pretende com o projeto, o que vai acrescentar de valor à organização, quais as maiores dificuldades e quais os possíveis erros. Concluindo, temos de conseguir encontrar as respostas para os problemas com a implementação do BA”*. Esta afirmação conduziu à inclusão da necessidade de identificar possíveis soluções para o negócio.

Foi também notória a importância de medir os impactos que um projeto de BA causa numa organização em todas as entrevistas. Deste modo criou-se a atividade de medição do impacto do projeto, espelhadas, por exemplo, na afirmação de NS: *“o BA tem como objetivo a resolução de problemas e por vezes o problema é fazer as coisas certas. É obrigatório começar qualquer projeto com a elaboração de um caso de estudo, para determinar quais os objetivos e respetivas métricas. Definir os impactos que este projeto irá trazer à organização e quais os resultados (finais) para a organização”*.

A revisão da literatura não contempla esta fase de enquadramento, na forma como é vista pelos especialistas em implementação de BA. Dada a sua importância, enunciada por vários entrevistados, decidiu-se contemplar, de forma explícita, no modelo o levantamento de necessidades do negócio e o respetivo retorno que a solução traz para a organização, extraído a partir de uma análise custo/benefício. Desta forma, o modelo incorporou uma fase anterior à da verificação dos FCS.

B. Fase de Iniciação

Nesta fase os entrevistados avaliaram os FCS agrupados nas suas três dimensões, organização, gestão e tecnologia, que na opinião de RD *“são os três pilares, mas não apoiam o sistema de igual forma”*. Todos os entrevistados apontaram para a necessidade da avaliação dos FCS e surgiram alterações aos FCS propostos inicialmente, para cada uma das dimensões (Tabela II).

TABELA II. FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO PARA BA

FCS	JM	RD	JC	RA	JG	NS	NA	Sit
Organização								
Estrutura orgânica definida e adaptativa	✓	✓						A
Organização com visão de negócio				✓				N
Liderança e cultura organizacional	✓		✓			✓		N
Competências e capacidades analíticas individuais e de equipa						✓		A
Equipas de desenvolvimento mistas (internas e externas)		✓	✓	✓			✓	N
Existe a componente de inovação na organização				✓			✓	N
Definição dos objetivos estratégicos				✓				A
Definição clara da estratégia	✓		✓					A
Gestão								
Processos de sistemas de informação bem definidos				✓			✓	N
Definir e adaptar os processos de negócio	✓			✓	✓			A
Expectativas e requisitos bem definidos					✓			N
Implementar o BA de forma a permitir melhorias no negócio					✓	✓	✓	N
Ajustar o negócio perante os novos métodos de análise					✓		✓	N
Tecnologia								
Qualidade dos dados			✓		✓			A
Integração entre o sistema de BA e os outros sistemas da organização	✓						✓	A
Selecionar tecnologia e ferramentas apropriadas			✓		✓			N
Ter uma infraestrutura funcional							✓	N
Informação útil, fidedigna e atempada	✓						✓	N

Notas: Sit. – situação; A – alterado; N – novo.

A dimensão com mais FCS é a organização, sendo esta, claramente, a mais importante de acordo com os especialistas. A dimensão menos relevante é a tecnológica, devido aos meios e ferramentas já disponíveis nas organizações, que leva a que estes FCS não sejam tão cruciais como os que estão presentes nas outras duas dimensões.

C. Fase de Planeamento

Relativamente à fase de planeamento, os entrevistados apontaram para a existência de duas fases distintas de planeamento. Neste sentido, RD indicou as *“fases de desenho e levantamento. Levantamento de requisitos e desenho de como implementar os requisitos, entre outras tarefas que se realizam nesta fase de planeamento”*. Estas duas fases foram nomeadas de definição e desenho, onde se realizam atividades cruciais para o sucesso do projeto de BA.

Na fase de definição é necessário o levantamento de requisitos do sistema, definição dos processos de negócio, dificuldades e riscos. Nesta fase procede-se à identificação da tecnologia e dos utilizadores e do propósito de utilização, como refere JM: *“definir a tecnologia que vou utilizar, requisitos funcionais, perceber utilização e utilizadores”*. Já na fase de desenho, a atividade principal referida pela maioria dos entrevistados é o desenho da arquitetura do sistema, que inclui o desenho de *Use Cases*. Por exemplo, NA aponta no desenho da solução como fundamentais o *“modelo de dados e o conjunto de análises que serão entregues no final (use cases)”*. O planeamento termina com a aprovação dos *Use Case* pelos utilizadores e pela equipa de desenvolvimento.

D. Fase de Implementação

Os entrevistados nesta fase foram questionados sobre o modo de implementar o BA da forma mais eficaz para alcançar

o sucesso do projeto. As respostas foram unânimes no que diz respeito ao modo de implementação. Houve concordância no facto do método de desenvolvimento ser um ciclo contínuo. Citando RA, *“a fase de implementação é um ciclo constante. Não devemos entregar o projeto de BA como um todo, mas sim por fases. Assim que se completa um módulo entregamos ao cliente para possíveis alterações e para gerar valor, logo desde a primeira entrega”*.

Por outro lado, também existiu unanimidade no ponto de existirem duas fases a realizar. Por um lado, o desenvolvimento dos módulos e, por outro, os testes a esses módulos. Os testes têm de ser feitos em paralelo com a implementação, disse RA: *“vamos implementando os módulos para o cliente testar. Testes em paralelo com a implementação é muito importante, para verificar se o que estamos a construir está de acordo com o que o cliente pretende”*. A realização de testes ao sistema, sendo um ponto fulcral do processo. De acordo com JC, *“os testes são o ponto de diferenciação dos restantes sistemas, não é só se funcionam, mas também como funcionam. Surge a necessidade de existir formação dos utilizadores para saber como lidar com o sistema”*.

Uma necessidade revelada, durante as entrevistas, foi a capacidade de gerir a mudança, tal como refere RD: *“as pessoas mudam a sua forma de trabalhar e é descurado, sendo importante e essencial neste tipo de projetos”*. Já JM afirma que *“temos de mudar o negócio consoante as mudanças. As pessoas querem sempre mais, é preciso controlar como as empresas querem mais. A gestão da mudança faz-se nestas fases, implementação e manutenção evolutiva. Tem que se fazer, obrigatoriamente”*. O facto das funções dos colaboradores mudar drasticamente foi um ponto referido pelos entrevistados. Por exemplo, RA realça que a *“gestão de mudança é muito importante pois existe uma rutina total da rotina das pessoas. Mudar a função das pessoas, criando uma nova rotina, pode ser complicado. Este tipo de sistemas pode por em causa alguns lugares na empresa”*.

Adicionalmente, os entrevistados referem que as atividades de controlo não só se realizam na fase de implementação do projeto, como também na fase de planeamento. RD refere que *“já estamos em fase de implementação no que respeita a controlo da performance do projeto. Temos de avaliar assim que começamos a trabalhar no projeto”*. Ainda de acordo com os entrevistados agrupam-se o controlo da qualidade, do tempo, do custo, do âmbito e do risco numa única atividade, para ser clara a sua realização em simultâneo. NA afirmou que *“na realidade é como se fosse um banco: as pernas do banco são o custo, tempo e âmbito, sendo o tampo do banco a qualidade. Aquilo que se investe em tempo, custo e âmbito reflete-se na qualidade. Ao longo de todo o projeto tem de se avaliar estas quatro componentes”*. Uma outra alteração ao modelo é sugerida pelos entrevistados ao proporem a inclusão de uma atividade, denominada de processo de formação de BA aos colaboradores da organização. RD mencionou, como ponto crucial, a *“criação de competências individuais (formação) até ao fim, começando na implementação”*. Já JM afirma que *“a parte da formação é fundamental, as pessoas têm de estar aptas a utilizar o sistema. A utilizar, mas também a ter a*

capacidade de analisar, de criar e desenvolver novas análises”.

E. Fase de Manutenção Evolutiva

Os temas abordados nesta fase foram a confirmação do nome da fase em detrimento de encerramento, e qual o melhor conceito de criação de valor. Concluiu-se que esta é uma fase evolutiva que avalia se existem novas necessidades de negócio sempre com o objetivo de criar valor ao negócio.

Relativamente à designação da fase existiu conformidade nas respostas, no sentido de ser designada por manutenção evolutiva, termo considerado o mais indicado para os projetos de BA. Por exemplo, NA refere que *“o projeto nunca fica perfeito. O projeto em si levanta mais necessidades, o que alarga o horizonte de potencialidades. O projeto nunca fecha, é iterativo e evolutivo”*.

Sobre a criação de valor os entrevistados apontam que o objetivo é cumprir o que foi estabelecido na fase de enquadramento. *“A criação de valor tem de ser mostrada desde o início para a organização, o BA tem de funcionar em ciclo contínuo”*, afirma JC. RD acrescenta que *“tem de estar inevitavelmente ligado aos objetivos, aumento de receitas, retenção de clientes, redução de custos e processos mais automatizados”*.

VI. MODELO PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BA

O modelo proposto com base na literatura foi alterado, refletindo os diferentes depoimentos. As alterações foram elaboradas sempre com a preocupação de existir uma harmonia entre as falhas e defeitos apontados à proposta inicial. O modelo integrou uma fase inicial denominada de enquadramento, contemplando, assim, cinco fases (Figura 2).

A primeira fase, a de enquadramento, obriga a organização a elaborar um levantamento de necessidades e a realizar uma análise de custo/benefício sobre a implementação no BA. A fase de iniciação é fulcral para o sucesso da implementação, consistindo na reunião de um conjunto de FCS divididos por três dimensões: organização, gestão e tecnologia. Esta fase ajuda a organização na verificação de todos os requisitos que têm de ter para alcançar o sucesso do projeto. As fases de planeamento e implementação foram divididas em duas subfases para uma melhor compreensão das atividades a realizar. A de planeamento foi dividida em definição e desenho. Já a de implementação contempla um ciclo de desenvolvimento de módulos e testes aos mesmos após a sua conclusão, de forma a existir sempre um acompanhamento por parte dos responsáveis da organização do que está a ser desenvolvido. As atividades em que as organizações têm de apostar são na formação dos seus colaboradores após o projeto estar em fase de planeamento, e na gestão de mudança dos colaboradores durante a fase de implementação visto que as funções dos mesmos vão alterar-se por completo. Assim, é crucial que exista um acompanhamento aos colaboradores, para que estes consigam extrair o maior e melhor conhecimento do negócio através do BA. Por fim, a fase de manutenção evolutiva reflete a criação de valor e o reinício do processo, sempre que surgem novas necessidades de negócio.

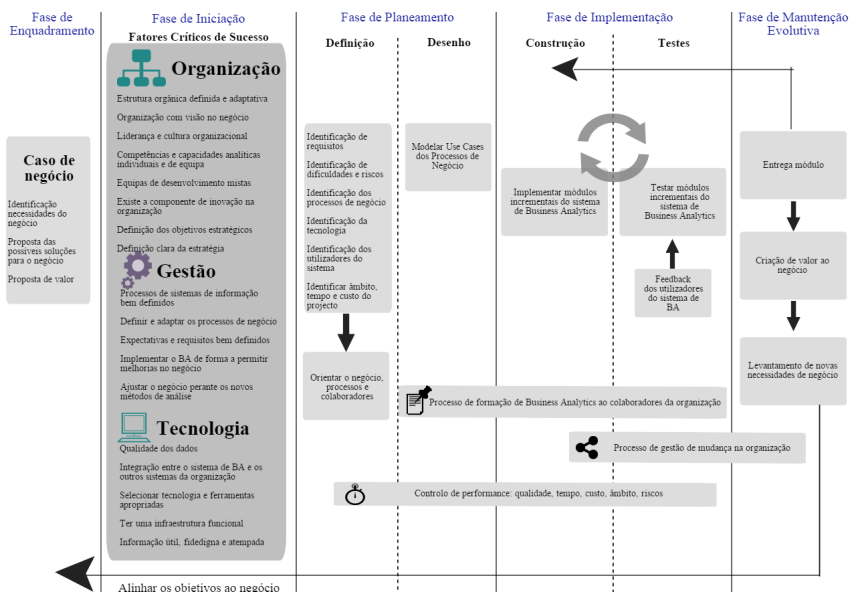


Figura 2. Proposta de modelo para a implementação de BA

VII. CONCLUSÕES

Com base em entrevistas a especialistas na implementação de sistemas de BA validou-se um modelo para implementação do BA nas organizações. Foi identificado um conjunto de FCS para a implementação do BA e, também, um conjunto de fases e de atividades que devem ser levadas em consideração na implementação de tais sistemas, permitindo, no seu conjunto, melhorar a qualidade da execução deste tipo de projeto. Desta forma, este estudo contribui para uma melhor compreensão sobre o BA, ao apresentar um modelo para a sua implementação nas organizações, que, segundo os especialistas, maximiza o seu sucesso.

Como trabalho futuro é necessário questionar as organizações que implementaram BA sobre os FCS, os procedimentos realizados e o sucesso desses sistemas. Deste modo, tornar-se-á possível validar empiricamente o modelo.

Em suma, as potencialidades do BA, que transforma os dados disponíveis em informação útil para o negócio, não se tornam efetivas de forma automática. De facto, o sucesso só é obtido quando a organização tem reunidas as condições necessárias à sua implementação e quando se segue um modelo para a sua implementação de forma rigorosa. E com sucesso, o BA não só descreve o presente como prevê o futuro e auxilia na tomada de decisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] S. Mithas, M. Lec, S. Earley, S. Murugesan and R. Djavanshir, "Leveraging big data and business analytics", IT Pro, December, 2013, pp. 18-20.

[2] H. Chen, R. Chiang and V. Storey, "Business intelligence and analytics: from big data to big impact", MIS Q., vol. 36, no. 4, pp. 1165-1188, December, 2012.

[3] M. Lock, "Business analytics in the UK: transforming data into business insight", Aberdeen Group, 2012.

[4] F. Lopes, M. Morais and A. Carvalho, Desenvolvimento de Sistemas de Informação. Lisboa: FCA, 2005.

[5] T. H. Davenport, "Putting the enterprise into the enterprise system", Harv Bus. Rev., July-August, pp. 121-131, 1998.

[6] K. C. Laudon and J. P. Laudon, Management Information Systems, New Jersey: Pearson Education, 2012.

[7] M. Levy and P. Powell, "Information systems strategy for small and medium sized enterprises: an organisational perspective", J. Strateg. Inf. Syst., vol. 9, no. 1, pp. 63-84, 2000.

[8] R. Saxena and A. Srinivasan, Business Analytics, vol. 186. New York: Springer, 2013.

[9] J. P. Isson and J. S. Harriott, Win with Advanced Business Analytics-Creating Business Value from Your Data. Cary, North Carolina: SAS Institute, 2012.

[10] B. H. Wixom, B. Yen, and M. Relich, "Maximizing value from business analytics. MIS Q. Exec.", vol. 12, no. 2, pp. 111-123, 2013.

[11] G. Cokins, "Driving acceptance and adoption of business analytics. J. Corp. Account. Financ.", vol. 24, no. 2, pp. 69-74, 2013.

[12] M. J. Schniederjans, D. G. Schniederjans and C. M. Starkey, Business Analytics: Principles, Concepts and Application with SAS, New Jersey: Pearson Education, 2014.

[13] R. Sharda, D. Asamoah and N. Ponna, Business "Analytics: Research and Teaching Perspectives", Proceedings of the ITI 2013 35th Int. Conf. on Information Technology Interfaces, pp. 19-28, 2013.

[14] S. LaValle, M. Hopkins, E. Lesser, R. Shockley and N. Kruschwitz, Analytics: The New Path to Value, Findings from the 2010 New Intelligent Enterprise Global Executive Study and Research Project, IBM Institute for Business Value and MIT Sloan Management Review, 2010.

[15] D. Vesset and R. Boggs, How Small and Midsize Enterprises Can Sharpen Performance with Next-Generation Business Intelligence and Analytics, White Paper, IDC Analyze the Future, October, 2012.

[16] G. H. Laursen and J. Thorlund, Business Analytics for Managers: Taking Business Intelligence Beyond Reporting, New Jersey: John Wiley & Sons, 2010

[17] PMI, A Guide to the Project Management Body of Knowledge: (PMBOK Guide) Fifth Edition. Project Management Institute, 2013.

Uma Pesquisa sobre Impacto das Áreas de Apoio nas Empresas Brasileiras de Software

A Survey About The Impact of Support Areas in Brazilian Software Companies

Marcelo Pereira da Silva
IST – Instituto SENAI de Tecnologia
Londrina, Brasil
marcelo.pereira@pr.senai.br

Jacques Duílio Brancher
UEL – Universidade Estadual de Londrina
Londrina, Brasil
jacques@uel.br

Resumo — Nos últimos 15 anos as empresas brasileiras desenvolvedoras de software promoveram, através de iniciativas principalmente do governo, a melhoria em seus processos através da implantação de modelos de qualidade de software. Isso contribuiu para o aumento das empresas nacionais certificadas em MPS.Br SW, CMMI e outros modelos. Contudo, alguns problemas persistem no processo de criação e manutenção de software nestas empresas. Por meio de uma pesquisa feita com empresas certificadas, este artigo apresenta uma visão destas empresas, dos seus processos produtivos e das áreas que apóiam estes processos. A principal conclusão é que problemas que ocorrem nas áreas adjacentes geram impactos nos projetos de software das empresas.

Palavras Chave - certificações; qualidade; software; processos.

Abstract — In the last fifteen years, Brazilian companies software developers promoted mainly through government initiatives, the improvement in their processes through the implementation of software quality models. This contributed to the increase of national companies certified in MPS.Br SW, CMMI and other models. However, some problems persist in the creation and maintenance of software process in these companies. Through a survey of certified companies, this article presents an overview of these companies, their production processes and areas that support these processes. The main conclusion is that problems that occur in adjacent areas generate impacts on software projects enterprises.

Keywords - certifications; processes; quality; software.

I. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos, a mobilidade digital e o crescimento do uso das informações nas empresas tem contribuído para o crescimento constante do desenvolvimento de software no mundo. No panorama atual, o Brasil aparece entre os 10 países maiores produtores de software[1].

A principal característica das cerca de 9.308 empresas brasileiras neste setor é que 94% são classificadas como pequenas e médias empresas, dedicadas à prestação de serviços, desenvolvimento, produção e distribuição de software[10].

O principal motivo que faz com que o Brasil, mesmo com a essa quantidade de empresas de pequeno e médio porte, figure entre os maiores produtores de software no mundo é o aumento no número de empresas que estão melhorando seus processos de desenvolvimento através dos modelos de qualidade.

Uma pesquisa realizada pela Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro (Softex) mostra o crescimento da adesão aos modelos de qualidade no Brasil[13]. Os resultados deste crescimento também são comentados por Weber[12] e Leal *et al*[10].

Para garantir que essa melhoria seja contínua, vários trabalhos têm sido feitos no sentido de encontrar e diagnosticar problemas e inconsistências nos projetos de Melhoria do Processo de Software (MPS). Muitos destes trabalhos foram apresentados nos últimos congressos de engenharia de software no Brasil.

Dentre os trabalhos observados, nota-se que a principais preocupações relatadas são:

- A não continuidade da gestão e melhoria dos processos na empresa[2];
- O alinhamento da melhoria de software com os objetivos da empresa[15];
- A gestão e utilização do conhecimento na empresa[6][7];

Mesmo com essa gama de trabalhos, para Dias[11], a Engenharia de Software carece de trabalhos e pesquisas cujo objetivo é entender os impactos da implantação de modelos e qualidade nas empresas. Em sua pesquisa, deixou evidente que a gestão do conhecimento após a implantação de um modelo de qualidade não é eficiente.

Uma observação importante é que dentro destas empresas existem setores e processos que não estão diretamente ligados ao desenvolvimento do software, mas contribuem para o sucesso dos projetos como os departamentos administrativo, de recursos humanos (RH) e a gerência da empresa.

Considerando-se isto, este artigo propõe-se a analisar a influência destas áreas no desempenho das empresas que

possuem processos de desenvolvimento de software definidos com base nos modelos de qualidade existentes. Para isso foi feita uma pesquisa qualitativa entre empresas brasileiras.

Além desta introdução, este artigo foi estruturado em outras quatro seções. A Seção 2 mostra a fundamentação teórica. O método de pesquisa utilizado e os resultados são apresentados nas Seções 3 e 4, respectivamente. Por fim, na Seção 5 são realizadas as considerações finais e os trabalhos futuros.

II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O número de empresas brasileiras que buscam melhorar seus processos através da certificação em modelos de qualidade como o CMMI-DEV-V1.3[21] e MR-MPS-SW[22] cresce a cada ano conforme dados de uma pesquisa apresentada na Fig. 1[13]:

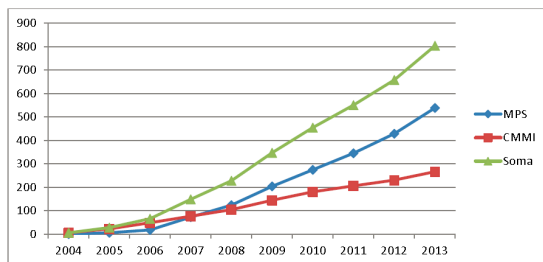


Figura 1. Certificações de Modelos de Qualidade

Dados disponibilizados na internet pelos órgãos reguladores do CMMI e do MPS.Br mostram que já foram realizadas mais de 800 processos de avaliação destes modelos[12]. Outros modelos similares como o MoProSoft, o ITMark e a norma ISO/IEC 29110 também contribuíram para esse crescimento.

Apesar dos bons números, um dos grandes desafios das empresas que promovem a melhoria de seus processos através da implantação de modelos de qualidade é garantir o sucesso dos projetos mesmo após o processo de avaliação e da certificação.

Um estudo descrito por Araújo[5] mostrou que, em algumas organizações, a busca pela melhoria dos processos é simplesmente pela certificação, gerando a falta de comprometimento e motivação necessárias para dar continuidade à gestão dos processos na empresa.

Ramos[3] destaca o conceito de ambiente multimodelo como resultado de um esforço de algumas empresas para integrar modelos em programas de MPS, uma vez que serviços prestados envolvem não só o desenvolvimento, mas o *help desk* e o *outsourcing*.

A implantação simultânea de múltiplos modelos permite o tratamento de diferentes pontos de melhoria na empresa. No entanto, o programa de melhoria, deve ser estruturado no sentido de viabilizar a harmonização dos modelos evitando custos desnecessários, desperdício de recursos e retrabalho.

Guedes[20] analisou junto às empresas que migraram do MPS.Br para o CMMI os principais motivos da troca. Mesmo sendo o principal motivo a internacionalização do CMMI,

algumas respostas sugeriram que os modelos deveriam ser mais flexíveis, adequando-se à realidade da organização.

Garcia[9] elaborou em seu trabalho um comparativo entre os modelos CERTICS e CMMI onde utilizou como base uma definição de um metamodelo e a consulta aos especialistas no assunto, traçando assim um documento que mostra as áreas de abrangência de cada modelo.

Araújo[3] em sua dissertação de mestrado sobre mapeamento do MPS.SW com o CERTICS e MPT.Br elencou uma série de artigos que realizam uma revisão sistemática sobre harmonização, ontologia e comparação entre dois ou mais modelos.

As melhorias realizadas no setor de desenvolvimento do software não são aproveitadas nas demais áreas fazendo com que as empresas não percebam o retorno sobre investimento (ROI) que os modelos proporcionam, limitando-se apenas na obtenção da certificação como sucesso do projeto[19].

Dutra[8] listou os riscos na implantação de modelos de qualidade que foram pesquisados em publicações referentes aos modelos de qualidade e Cruz [4] propõe um catálogo de benefícios tangíveis e intangíveis de MPS.

Para Rocha[15], os processos devem ser implementados seguindo valores definidos pela empresa para o atingimento das metas. Entretanto, destaca-se que tais valores não devem ser definidos arbitrariamente, sob pena de estarem aquém ou além da capacidade da organização alcançá-la.

Kosloski[18], em seu trabalho sobre a relação da produtividade através da melhoria de processos e outros fatores, ressalta que há outros esforços que não adicionam tamanho ao software, mas são necessários para sua construção. Esses fatores precisam ser considerados nos projetos de MPS.

Montoni[16] investigou os fatores críticos de sucesso nas iniciativas de MPS, tendo como destaque a estrutura da organização adequada, o alinhamento estratégico e a disponibilidade de recursos de hardware e software.

Conforme apontado, há um número expressivo de estudos apontando para fatores que prejudicam a implementação de projetos de software. Isto tem ocorrido após a implantação de modelos de qualidade nos setores responsáveis pelo desenvolvimento do software.

Também fica clara a necessidade de se identificar estes fatores, com vistas a dirimir o percentual de insucesso, criando uma metodologia que permita identificar a reais necessidades da empresa e sugerir um modelo de qualidade mais aderente ao que a empresa necessita.

III. METODOLOGIA DA PESQUISA

Para que se possam identificar os fatores que impedem que empresas tenham um melhor desempenho no que tange ao desenvolvimento de software, foi desenvolvida uma pesquisa quantitativa (*survey*). As etapas da pesquisa estão definidas na Fig. 2 e detalhadas a seguir:

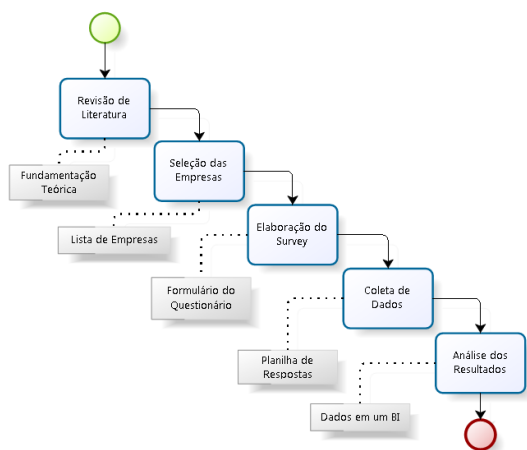


Figura 2. Processo da Pesquisa

Na primeira etapa, foi efetuada uma revisão de literatura. Foram consultadas as bases de dados internacionais da ACM (ACM Digital Library), IEEE (IEEEExplore) e ScienceDirect. Além disto, e considerando-se a especificidade do tema, foram consultados os anais das seguintes conferências: SBQS, WAMPS, SBES e CLEI.

Na segunda etapa, foram selecionadas as empresas para o *survey*. Foram selecionadas empresas avaliadas no modelos MR MPS.Br SW, CMMI, MoProSoft e na norma ISO/IEC 29110. Para se chegar na versão final da lista, foram feitos contatos com os órgãos reguladores destes modelos e de Arranjos Produtivos Locais (APLs) de Software no Brasil.

As questões foram elaboradas com base em um estudo dos modelos citados, considerando suas similaridades, limitações e seus processos. Também foram considerados os problemas e fatores de insucesso que foram identificados na revisão da literatura.

O Formulário do Questionário organizou as questões em blocos da seguinte forma:

- Perfil das Empresas;
- Grau de Institucionalização dos Modelos de Qualidade;
- Melhoria dos Processos em outras áreas da empresa;
- Informações sobre Planejamento Estratégico;
- Melhorias dos atuais Modelos de Qualidade.

A coleta dos dados foi feita através da ferramenta de formulários do Google. O *link* para o questionário foi enviado por e-mail para os contatos das empresas selecionadas acompanhado de uma breve explicação da pesquisa. O formulário ficou disponível por um período de 60 dias.

Para analisar os dados fornecidos pelas empresas, a planilha com as respostas foi exportada para uma ferramenta de *Business Intelligence* (BI) chamada QlikView. Com esta técnica, foi possível não só gerar os gráficos das respostas, mas também permitiu o cruzamento das respostas.

IV. RESULTADOS

A pesquisa foi enviada para 270 empresas, das quais 80 responderam o questionário, o que determinou um índice de participação de 30%. O perfil das empresas está apresentado na Fig. 3.

Na distribuição regional das empresas, o Sul e o Sudeste representam cerca de 78% das respostas. Embora em menor representação, empresas das demais regiões do país também aparecem na pesquisa. Quanto ao tempo de atuação da empresa, 81% das empresas existem há mais de 10 anos.

No item Quantidade de Funcionários, 46% têm entre 10 e 50 pessoas, 39% têm mais de 50 pessoas enquanto que 15% têm menos de 10 pessoas. Já no item Tamanho da Equipe de Desenvolvimento, 50% das empresas possuem equipe entre 11 e 20 pessoas enquanto que apenas 4% possuem equipe com mais de 20 pessoas.

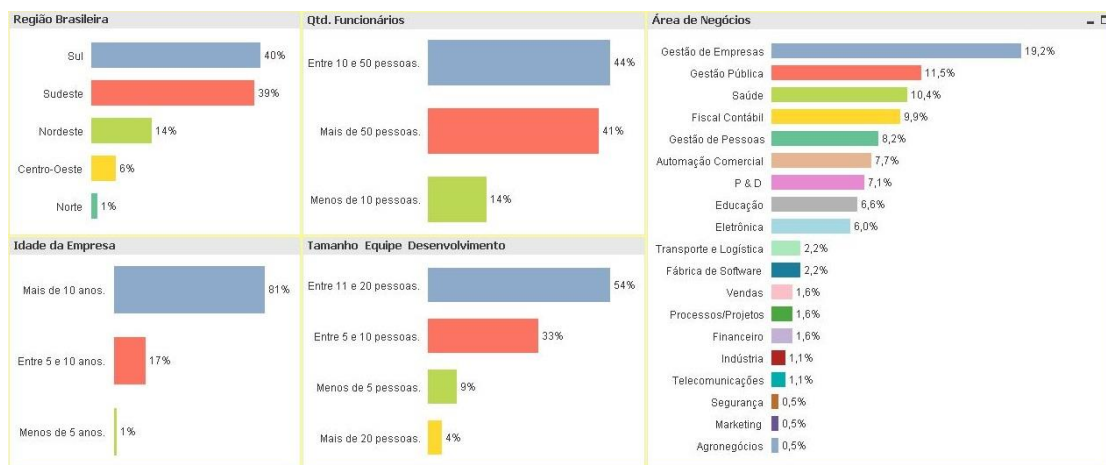


Figura 3. Perfil das Empresas Participantes

Com relação à área de atuação, há uma dissiparidade grande (19 áreas de negócio) onde se destacam as áreas de Gestão de Empresas, Gestão Pública, Fiscal Contábil, Saúde e Automação Comercial que juntas representam 60% das empresas participantes.

Com a inserção das respostas no BI, foi possível gerar gráficos que dinamicamente conforme seleção de dados. Assim, o resultado da pesquisa é apresentado nas Fig. 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

A Fig. 4 mostra que 57% das empresas são certificadas em apenas um modelo enquanto que 32% já implantaram mais de um modelo. Os outros 11% são referentes às empresas que estão implantando o segundo modelo na empresa.



Figura 4. Informações Sobre as Certificações

Ainda sobre as certificações, a Fig. 5 mostra que as empresas cuja certificação aconteceu a mais de 3 anos são a maioria e representam juntas 60%, mostrando que essas empresas renovaram a certificação após o prazo de validade ter expirado e continuaram com seus processos.

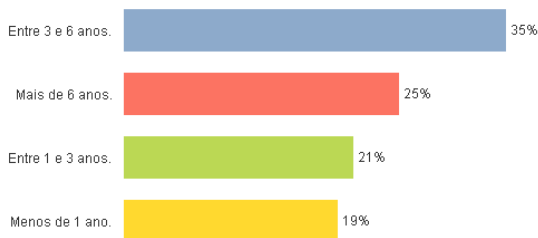


Figura 5. Tempo da Primeira Certificação

De acordo com a Fig. 6, apenas 54% das empresas executam as atividades de gerenciamento dos seus processos seguindo um planejamento. Os outros 46% fazem esse trabalho sem planejamento ou ainda não há esse gerenciamento e até mesmo não há processos definidos na empresa.

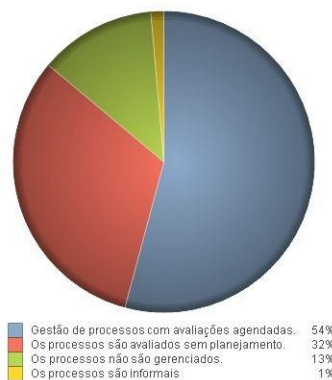


Figura 6. Informações sobre Gestão de Processos

Pela Fig. 7 nota-se que quando perguntado sobre a atuação da Gestão de Qualidade na empresa, 43% afirmaram ser bem atuante na empresa. Outros 38% afirmaram que existe, mas é pouco atuante nas empresas. Em 19% das empresas essa área é informal ou não existe.



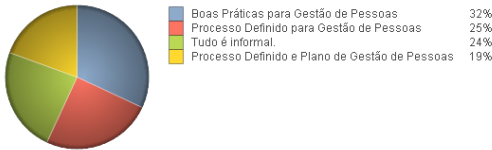
Figura 7. Informações sobre Gestão da Qualidade

O gerenciamento dos recursos humanos através de um processo definido é feito por apenas 25% das empresas e apenas 19% responderam que planejam a gestão destes recursos. As demais empresas não possuem processo de RH (24%) ou apenas seguem boas práticas (32%) de trabalho.

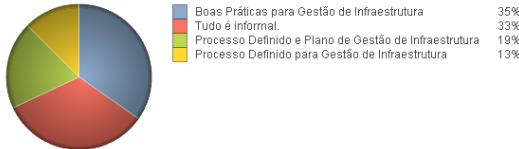
A mesma situação ocorre com a gestão da infraestrutura onde 68% afirmaram que não possuem processo para este gerenciamento ou seguem boas práticas. Assim, apenas 32% das empresas possuem um processo definido para este trabalho (apenas 19% planejam essas atividades).

A pesquisa mostra que em 58% das empresas há problemas nos projetos relacionados aos recursos que são utilizados em suas atividades. Apenas 42% afirmaram não ter problemas com recursos na execução dos seus projetos. As informações sobre recursos são apresentadas na Fig. 8:

Como é a Gestão de Recursos Humanos



Como é a Gestão de Infraestrutura



Problemas com Recursos em Projetos

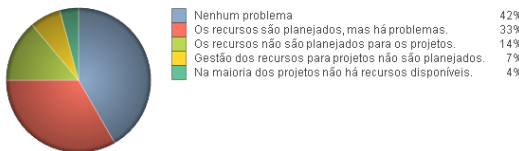


Figura 8. Informações sobre Gestão de Recursos

O gerenciamento das informações na empresa através de uma base de conhecimento também foi avaliado na pesquisa e os resultados para as três questões relacionadas ao tema aparecem na Tabela 1:

TABELA 1. INFORMAÇÕES SOBRE BASE DE CONHECIMENTO

Como é o uso da Base de Conhecimento na empresa?	
É documentada e usada em todos os projetos e processos da empresa	40%
Somente as informações do desenvolvimento de software estão estruturadas	31%
A base de conhecimento estruturada da empresa não é utilizada com frequência	22%
As informações estão armazenadas de forma descentralizada na empresa	7%
Qual o conteúdo da Base de Conhecimento da empresa?	
Somente as informações do Desenvolvimento	49%
Informações de todas as áreas da empresa	33%
Somente dados de projetos, lições aprendidas e apontamentos de horas	13%
Nenhuma informação documentada	6%
Quais os problemas relacionados com Base de Conhecimento?	
A busca das informações é complexa e indefinida	42%
Informações de outras áreas da empresa não são armazenadas	29%
Não há problemas com gestão do conhecimento	19%
As informações não são armazenadas	6%
Não é cultura da empresa o uso de base de conhecimento	4%

Na Fig. 9 observa-se o resultado das questões sobre Planejamento Estratégico. Foram feitas perguntas sobre o portfólio dos projetos. Apenas 38% afirmaram possuir uma

carteira de projetos, sendo que 19% afirmaram que o portfólio possui somente projetos do desenvolvimento e 7% afirmaram que só os projetos importantes estão na carteira.

Como é o Portfólio de Projetos da empresa?



Os projetos estão relacionados com as estratégias?

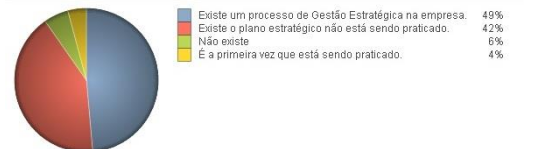


Figura 9. Informações sobre Portfólio de Projetos

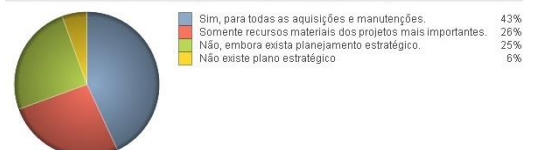
Ainda sobre o planejamento estratégico, 51% dos entrevistados afirmou que existe uma gestão estratégica na empresa orientada por um planejamento. Cerca de 44% dos entrevistados afirmou que a empresa possui um planejamento estratégico mas não o gerencia.

Com relação aos recursos humanos e materiais, praticamente só metade das empresas planejam as aquisições, contratações e treinamentos orientadas pelo planejamento estratégico. Esses resultados estão apresentados na Fig. 10:

Como é o Planejamento Estratégico



Os Recursos Materiais são planejados conforme o Plano Estratégico?



Os Recursos Humanos são planejados conforme o Plano Estratégico?

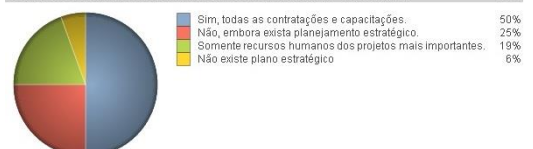


Figura 10. Informações sobre Planejamento Estratégico

V. CONCLUSÕES

Apesar da quantidade total de respostas do questionário não ser muito grande, considerou-se que a diversidade das experiências dos indivíduos era adequada para realizar uma exploração inicial dos conceitos do fenômeno de estudo.

Pelas respostas do questionário, percebe-se que grande parte das empresas implanta os processos dos modelos de qualidade nas suas áreas de desenvolvimento e não aproveita esse conhecimento para melhorar os processos das demais áreas da empresa.

Se considerarmos que as outras áreas dão suporte ao processo de desenvolvimento e que os problemas existentes nestas áreas poderão refletir nos projetos de construção e manutenção do software, é fundamental pensar em soluções e melhorias também para estas áreas.

O mapeamento dos benefícios e dificuldades da implantação do modelo nas empresas é a principal contribuição deste trabalho e pode ser útil para o aperfeiçoamento dos projetos de implantação e revisão dos modelos de qualidade.

Como trabalhos futuros pode-se destacar: i) ampliar a cobertura da pesquisa estendendo sua aplicação para um número maior de empresas; e, ii) entrar em contato com as empresas a fim de obter a justificativa das respostas.

REFERÊNCIAS

- [1] ABES - Associação Brasileira das Empresas de Software, "Mercado Brasileiro de Software: panorama e tendências 2015", 1ª. ed., São Paulo, 2015;
- [2] A. Menolli, D. Belmonte, E. Sgarbi, S. Reinehr and A. Malucelli, "Práticas do Modelo MPS em Fábricas de Software: um estudo exploratório sobre as percepções dos gerentes de projeto", X Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Curitiba, Brasil, pp. 199-213, 2011;
- [3] C.S. Ramos, K.M. Oliveira and A.R.C. da Rocha, "Planejamento de Programa de Melhoria Abordagem Multimodelo", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 79-93, 2015;
- [4] D. Cruz and G. Santos, "Uma Análise dos Benefícios Tangíveis e Intangíveis de Melhoria de Processo de Software", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 33-38, 2015;
- [5] D.P. de Araújo and J.B. Porto, "Endomarketing na Melhoria de Processos de Software", XIII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Blumenau, Brasil, pp. 91-105, 2014;
- [6] D. Viana et al, "Usando uma Análise de Redes Sociais para Investigar a Disseminação do Conhecimento em Melhorias de Processo de Software", XIII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Blumenau, Brasil, pp. 179-193, 2014;
- [7] D.V. dos Santos, D. Vilela, C. de Souza and T. Conte, "Programas de Melhoria de Processo de Software - uma pesquisa sobre a influência dos aspectos humanos", X Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Curitiba, Brasil, pp. 183-197, 2011;
- [8] E. Dutra and G. Santos, "Riscos em Iniciativas de Melhoria de Processos de Software Aderentes ao MR-MPS-SW e ao CMMI-DEV: Uma Investigação no Contexto Brasileiro", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 107-121, 2015;
- [9] F.W.S. Garcia, S.R.B. Oliveira, C.F. Salviano and A.M.L. Vasconcelos, "Uma Abordagem para a Implementação MultiModelos de Qualidade de Software Adotando a CERTICS e o CMMI-DEV". Revista Sistemas de Informação da FSMA, n 16, pp. 26-40, 2015;
- [10] G.C.L. Leal, P.C. Stadzisz, C. de Almeida, M.T. Perez, S. Reinehr and A. Malucelli, "Empirical Study About the Evaluation of the Implantation of MPS.Br in Enterprises of Paraná", XXXVIII Conferencia Latinoamericana en Informática (CLEI), Medellin, Colombia, pp. 1-9, 2012;
- [11] J.J.L. Dias Jr., A.F.P. Belo and F.N.M. Dias, "Percepções sobre um processo de software sob o ponto de vista das equipes de desenvolvimento: um estudo de caso", XIII Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Blumenau, Brasil, pp. 136-150, 2014
- [12] K.C. Weber, M.M. Macedo, N.H.F. de Oliveira, E.T. Barroso and V. C. Duarte, "Impactos Socioeconômicos no Brasil do Modelo MPS-SW para Melhoria de Processos de Software", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 236-243, 2015;
- [13] K.C. Weber, M.M. Macedo, N.H.F. de Oliveira, E.T. Barroso and V. C. Duarte, "Pesquisa 'MPS Cidadão': Impactos Econômicos e Sociais da Melhoria de Processos de Software no Brasil Usando o Modelo MPS-SW", Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro, Campinas, 2013;
- [14] L.L. Araújo, "Mapeamento do MPS.SW com os modelos MPT.BR e CERTICS". Dissertação de Mestrado do Programa de Engenharia de Sistemas e Computação da UFRRJ, 2014;
- [15] M.A.A. Rocha and T.C. de Oliveira, "Representação das metas estratégicas à capacidade e desempenho do processo de desenvolvimento de software", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 55-62, 2015;
- [16] M.A. Montoni and A.R.C. da Rocha, "Uma Investigação sobre os Fatores Críticos de Sucesso em Iniciativas de Melhoria de Processos de Software", X Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Curitiba, Brasil, pp. 151-165, 2011;
- [17] M. Kalinowski et al, "Results of 10 Years of Software Process Improvement in Brazil Based on the MPS-SW Model", 9th International Conference on the Quality of Information and Communications Technology (QUATIC), Guimarães, Portugal, pp. 28-37, 2014;
- [18] R. A. D. Kosloski and A. R. C. da Rocha, "Alavancando a melhoria de processos e o desenvolvimento de software a partir de fatores de impacto na produtividade", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 51-54, 2015;
- [19] R. Freire and G. Santos, "Aprendizagem Organizacional em Instituições Implementadoras e Avaliadoras do MPS.BR", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 21-26, 2015;
- [20] R.M. Guedes1, R.M.Guedes2 and A.L. de Vasconcelos, "Fatores que influenciam na migração do MPS.BR para o CMMI nas empresas de software brasileiras", XIV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS), Manaus, Brazil, pp. 34-48, 2015;
- [21] SEI, "CMMI for Development, Version 1.3", Software Engineering Process Management Program;
- [22] Softex, "Guia Geral MPS de Software", MPS.Br Melhoria do Processo do Software Brasileiro, Associação para Promoção da Excelência do Software Brasileiro, Campinas, 2012.

Framework para um Centro de Operações Inteligente

Arquitetura do sistema de informação de apoio à decisão

Framework for an Intelligent Operations Center

Architecture of decision support information system

Jorge Rosa, Tiago Domingos, Gonçalo Rodrigues
SoftInsa
Tomar, Portugal.
jorge.rosa@softinsa.com; tiago.domingos@softinsa.com;
goncalo.rodrigues@softinsa.com

Luis M. L. Oliveira; Nuno Madeira; João Patrício
Instituto Politécnico de Tomar
Tomar, Portugal.
loliveira@ipt.pt; nmadeira@ipt.pt; jpatricio@ipt.pt

Resumo — Quando ocorre um evento de grandes dimensões é necessário o alinhamento entre pelo menos dois centros de comando, um ligado à área de proteção civil e o outro vocacionado para a segurança. A comunicação e a articulação entre os dois centros de comando é essencial, uma vez que permitem a tomada de decisões de uma forma coordenada. Neste artigo descreve-se o desenvolvimento da arquitetura tecnológica de uma framework suportada na plataforma IOC (Intelligent Operation Center) da IBM, onde são mapeados os procedimentos operacionais das autoridades envolvidas. Os resultados obtidos demonstram que através desta solução é possível monitorizar em tempo real os eventos relacionados com a proteção e a segurança, permitindo aos centros de comando terem uma visão única sobre os acontecimentos, melhorando os tempos de decisão e os recursos envolvidos.

Palavras Chave – evento; segurança; proteção civil; comunicação; infraestrutura; decisão.

Abstract — When a huge event occurs it is necessary the alignment between at least two command centers, one connected to the civil protection and the other focused on safety. The communication and coordination between both command centers it is crucial, because it improves the coordination and therefore the decision making process. This paper presents the design and implementation of a technological framework based on IBM Intelligent Operation Center, where the required procedures were mapped. A real scenario was used to demonstrate and to evaluate the proposed solution. The obtained results prove that this solution improves the efficiency of decision making process, reducing the time decision and the involved resources.

Keywords – event; security; safety; communication; framework; decision.

I. INTRODUÇÃO

Durante uma semana ocorre em Tomar, uma cidade de tamanho médio situada no centro de Portugal, a festa dos tabuleiros onde estão incluídas diversas atividades, desde espetáculos, a exposições, jogos populares e cortejos. Trata-se de um evento que atrai milhares de participantes. É o Cortejo dos Tabuleiros, que ocorre no penúltimo dia de festa, o evento mais participado. Durante toda a festa é necessário assegurar a segurança dos visitantes e garantir o funcionamento dos serviços de emergência [1]. Até à penúltima edição deste evento, cada unidade de segurança e de emergência envolvida

usava as suas próprias fonte de informação, sem que houvesse um sistema único que permitisse a partilha. Acresce ainda o facto dessa informação não ser disponibilizada aos visitantes de forma automática.

Numa cidade inteligente (*Smart City*) as tecnologias de informação e de comunicação são, utilizadas de forma integrada para gerir com mais eficiência, os recursos de uma cidade em benefício dos seus habitantes e da sua economia. O conceito de cidades inteligentes pode ser utilizado em benefício de vários serviços, como por exemplo, a administração local, educação, saúde, transportes, energia e proteção civil e segurança. Este artigo apresenta uma contribuição que pode ser aplicada aos serviços de proteção civil e segurança.

Neste artigo é apresentada a arquitetura de uma Framework que permite agregar e disponibilizar através de um sistema de informação único a informação recolhida pelas entidades oficiais de emergência e de segurança. A solução apresentada não obriga a que sejam utilizados os mesmos procedimentos nos dois centros de comando. Note-se que é habitual os serviços de proteção civil e de segurança recorrerem a procedimentos definidos por leis e regulamentos próprios. A Framework aqui proposta, permite que parte da informação recolhida pelos serviços de proteção civil e de segurança seja colocada à disposição dos visitantes através de ambiente gráfico amigável e com recurso a telemóveis. A solução proposta baseia-se no uso do IBM Intelligent Operations Center (IBM IOC), do IBM BlueMix e de aplicações móveis para as plataformas Android e IOS. Os dados recolhidos durante o evento foram posteriormente analisados com o objetivo de aferir acerca da qualidade dos serviços prestados [4] e da adequação dos recursos envolvidos, assim como do seu posicionamento no terreno.

Na segunda secção deste artigo são apresentadas as arquiteturas do o IBM IOC e o BueMix. Na terceira e na quarta secção são apresentadas, respetivamente, a arquitetura da solução proposta e os resultados obtidos. A quinta secção conclui o trabalho e apresenta os pontos em aberto que serão alvo de trabalho futuro.

II. TECNOLOGIAS DE SUPORTE

O IBM IOC é uma solução que integra informação de várias fontes, permitindo a sua disponibilização numa interface única. Esta solução compreende um conjunto de aplicações integradas entre si e cuja interação permite ter uma visão única de todos os eventos [9-10].

Sobre estes 4 servidores assentam as várias aplicações disponíveis no IBM IOC. O servidor de gestão permite parametrizar os acessos de acordo com o perfil dos utilizadores, as interfaces e a configuração das restantes aplicações. O Servidor de base de dados é responsável por gerir, manter e monitorizar a informação registada. O servidor

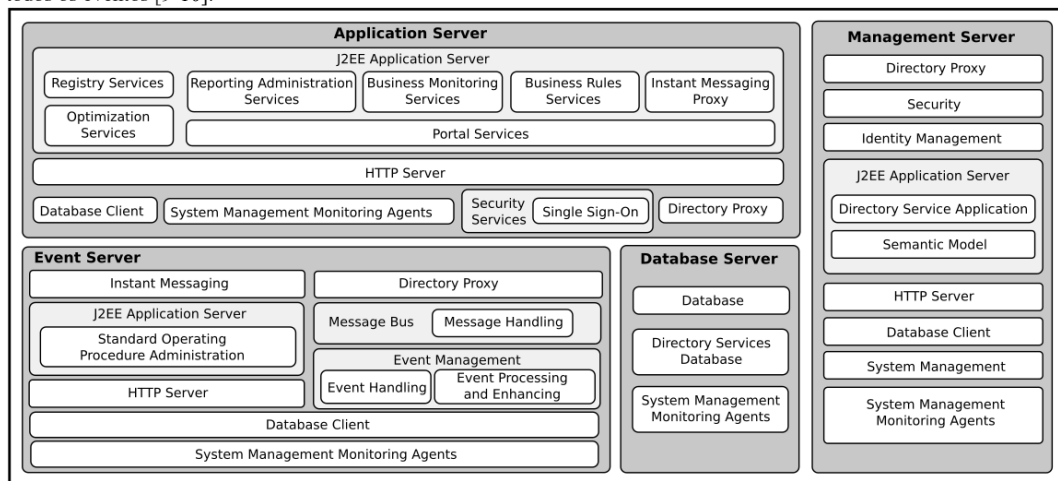


Figura 1. Diagrama adaptado do IBM Intelligent Operations Center

A centralização dos eventos e sua análise permite atingir os seguintes objetivos [6]:

- Aumentar a cooperação e coordenação entre as entidades oficiais de segurança e de emergência [2].
- Antecipar e gerir os riscos proactivamente e mitigar o seu impacto.
- Fomentar a participação proactiva dos cidadãos e das empresas nas atividades culturais.
- Redução de custos e uso racional dos recursos sem penalizar a qualidade da prestação dos serviços.

As funcionalidades mais relevantes do IBM IOC são [9]:

- Produção de relatórios e acompanhamento de incidentes.
- Envio de alertas quando são detetadas situações de risco.
- Suporte para a criação e uso de procedimentos operacionais normalizados.
- Colaboração em tempo real.
- Gestão de recursos críticos.
- Avaliação e cálculo de KPI's.
- A aplicação é multiutilizador e a sua interface gráfica é amigável.

O IBM IOC (figura 1) está segmentado em 4 servidores principais que são; o servidor de gestão, o servidor de base de dados, o servidor de eventos e o servidor aplicacional.

de eventos é responsável pelo registo e processamento de eventos, e do envio de alarmes. O Servidor Aplicacional permite disponibilizar em ambiente gráfico informação acerca dos eventos, dos recursos e dos alarmes e a produção de relatórios.

O facto de existir um servidor aplicacional permite adicionar e remover funcionalidades e a interação de com outros sistemas de informação [7].

O IBM Bluemix é um produto em que segue o paradigma da *Cloud*, é multicamada que permite que as aplicações possam ser executadas de forma segura e estável num ambiente cliente servidor [8]. O foco deste produto assenta na publicação de aplicações sem que haja necessidade de conhecimentos técnicos acerca da gestão de recursos ou dos mecanismos de comunicação envolvidos

A infraestrutur técnica aliada à camada de *software* subjacente nesta plataforma garante o funcionamento deste produto. Simultaneamente, auxilia a garantia e suporte ao desenvolvimento de aplicações. A gestão e manutenção desta plataforma é efetuada através de ferramentas de gestão e de monitorização. Esta plataforma disponibiliza mecanismos para o desenvolvimento e publicação de aplicações de uma forma transparente (figura 2).

Qualquer aplicação desenvolvida para o BlueMix fica alojada numa Máquina Virtual que contém a referência dos serviços e os parâmetros do ambiente adequado para a sua execução. No momento de publicação da aplicação, o BlueMix trata de determinar qual a máquina virtual mais adequada para alojar a

aplicação, os recursos são ajustados dinamicamente de acordo com as necessidades da aplicação e com o número de clientes. As vantagens de desenvolver sobre o IBM Bluemix encontra-se na facilidade no desenvolvimento e publicação de aplicações e serviços, na integração com outras aplicações externas, na escalabilidade e disponibilidade e na documentação e suporte disponível.

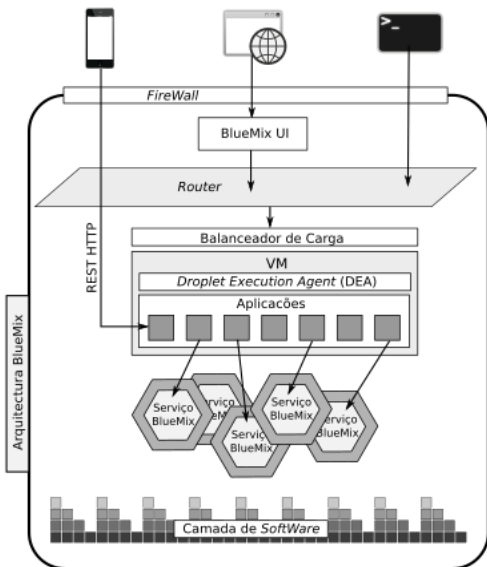


Figura 3 - Diagrama adaptado da Estrutura do BlueMix

III. A FRAMEWORK PROPOSTA

O levantamento de requisitos precedeu o desenho da Framework e teve como principal objetivo conhecer as especificidades da festa dos tabuleiros, assim como dos procedimentos, normas e regulamentos das forças de segurança e proteção civil. Foram realizadas várias reuniões entre todas as entidades envolvidas e visitas aos centros de comando. Com as primeiras reuniões entre as partes interessadas. Entendeu-se, que para além da coordenação entre os centros de comando, era também necessário envolver os cidadãos. Para concretizar este envolvimento é importante a disponibilização de informação recolhida pelos centros de comando em formato adaptado aos cidadãos e sobre dispositivos e aplicação com as quais estão familiarizados. De entre a informação recolhida pelos centros de comando, foi decidido disponibilizar aos cidadãos o estado de ocupação dos parques de estacionamento, as ruas cortadas e a localização dos cortejos.

Identificou-se que as informações recolhidas de eventos passados eram apenas do conhecimento das entidades intervenientes e que não era partilhada a menos que fosse solicitada pelos canais próprios. Os dados recolhidos junto das entidades deram a conhecer que a informação registada

retratava estimativas subjectivas e valores qualitativos que identificavam de forma pouco objetiva eventos ocorridos.

Foi também discutido a melhor forma de partilhar a informação entre as entidades de proteção civil e de segurança salvaguardando as leis e os regulamentos em vigor.

Foi apresentada a possibilidade de informar a entidade organizadora da festa de forma a que pudesse orientar melhor os condutores e transeuntes [3].

Uma das dificuldades apresentadas pelas partes interessadas foi a ausência de suporte à informação ao público na altura de maior afluência.

No desenho da solução (fig. 3), o IBM IOC é utilizado na monitorização e comunicação dos eventos ocorridos às entidades de proteção civil e de segurança, para que por sua vez possam proceder à coordenação. O IBM Bluemix e as restantes funcionalidades anexas estão numa camada intermédia como partes integradoras na comunicação entre o IBM IOC as aplicações que servem para disponibilizar informação aos cidadãos. Neste desenho não está contemplada o envio de informação dos cidadãos para o IBM IOC, porque se considerou complexa a avaliação da fiabilidade dos eventos reportados e porque os meios no terreno pertencentes às forças de

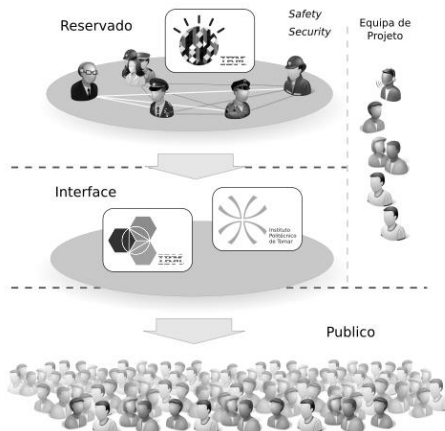


Figura 2. Desenho estrutural do projeto

proteção civil, de segurança e da organização da festa eram já suficientes para este efeito.

A equipa de projeto está envolvida em todas as vertentes com a responsabilidade de garantir que todas as funcionalidades propostas tenham sido implementadas de acordo com o estabelecido. Por questões de conveniência e uniformidade tecnológica, ficou definido que a comunicação entre as aplicações, as interfaces e o IBM IOC seria baseada em WebServices RESTfull. Ficou, também, definido que as aplicações para disponibilizar informação aos cidadãos seriam, de baseadas em HTML5.

Após esta primeira fase de levantamento de necessidades e da análise efetuada, chegou-se a uma proposta inicial da Framework. A proposta contou com duas vertentes

aplicacionais; uma vertente pública e outra vertente reservada às forças de proteção civil e de segurança [5].

Aplicações desenvolvidas de âmbito público

- WebApp - Aplicação em HTML teve como objetivo de transmitir informações estáticas sobre os vários eventos e pontos de interesse da festa.
- Duas aplicações móvel orientadas ao cidadão compatível com dispositivos Android e IOS, que disponibiliza informação acerca dos eventos da festa e da ocupação dos parques de estacionamento em tempo real.
- *Timeline* - Aplicação baseada em HTML com o objectivo de dar conhecimento ao visitante da linha temporal da festa. Esta foi integrada na webapp desenvolvida.

Aplicações desenvolvidas de âmbito interno

- Aplicação Android que permite aos colaboradores da organização da festa reportar ao IOC o estado de ocupação dos parques de estacionamento.

Dado o pouco tempo útil para a implementação das soluções propostas, foi solicitado apoio a uma equipa externa de desenvolvimento de Software para a concretização das aplicações móveis.

O IBM IOC foi parametrizado e configurado de forma a que se pudesse aceder a partir dos centros de comando distribuídos pelas entidades que regularam a festa. Neste caso, a partir do centro de comandos da protecção civil e no centro de comando da Polícia de Segurança Pública [2]. Adicionalmente, foram instalados monitores no Salão Nobre da Câmara Municipal de Tomar, local onde foi possível apresentar e andamento da festa.

O facto de se usar o IBM BlueMix, facilitou o suporte das duas aplicações móveis, e a WebAPP sobre a mesma infraestrutura partilhando a mesma base de dados. As duas aplicações móveis foram disponibilizadas na GooglePlay e na Apple Store.

As páginas Web foram desenvolvidas sobre as recomendações de HTML5. Adicionalmente, a Timeline foi em PHP para se poder controlar a data do momento presente e a fonte de dados.

Após o primeiro levantamento de requisitos, foram encontradas necessidades que não estavam contempladas:

- Criar um mecanismo de comunicação entre as aplicações móveis privadas e o IOC
- A necessidade de informar a localização do cortejo principal da festa dos tabuleiros para melhor coordenar as equipas de apoio e socorro no terreno
- Disponibilizar às equipas de socorro e segurança a localização do cortejo e das ruas cortadas.
- Adicionar a posição do cortejo na aplicação móvel pública.

O resultado destas novas necessidades verificamos que o âmbito deste projeto já abrangia aplicações na vertente pública:

- WebApp - Aplicação em HTML, teve como objectivo de apresentar os vários eventos e pontos de interesse da festa.

- Aplicações móveis orientadas ao público em geral (Android e IOS) - estas aplicações foram desenvolvidas pela equipa externa as quais informavam os utilizadores sobre os eventos, a posição do cortejo e ocupação dos parques de estacionamento em tempo real

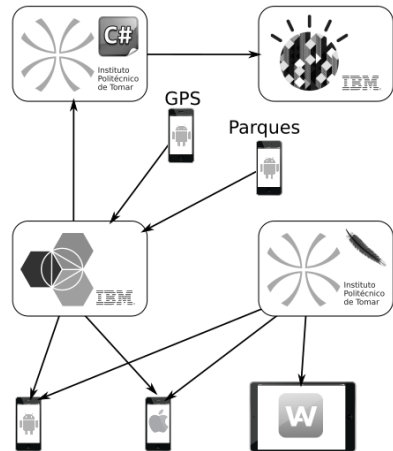


Figura 4. Arquitectura da solução técnica

- Timeline - Aplicação baseada em HTML e integrada na WebApp, com o objectivo de dar conhecimento ao visitante da linha temporal da festa.

E outras aplicações para assegurar a comunicação e interação entre os componentes da framework:

- Aplicação para determinar a localização do cortejo.
- Aplicação desenvolvida no BlueMix para alimentar as aplicações móveis. Esta aplicação foi desenvolvida com base na linguagem de *scripting* Python sobre a infraestrutura Django e com uma Base de Dados MongoDB.
- Broker que tem a responsabilidade de receber informação das aplicações móveis internas, tratar os dados e enviar os mesmos para os webservices desenvolvidos no BlueMix e para o IOC. Esta aplicação foi desenvolvida de C#.

Durante o desenvolvimento da Framework, surgiu a necessidade de agregar dados de várias fontes numa só base de dados. Para cumprir este objectivo foi desenvolvido um broker.

A aplicação desenvolvida no bluemix, de suporte às aplicações móveis, foi criada sobre uma base de dados não relacional MongoDB devido à sua performance. A versão do IOC existente não tem forma de aceder a uma base dados não relacional. Após várias tentativas de acesso a uma base de dados intermédia sem sucesso e pela escassez de tempo, optou-se pela solução de usar um broker. É também a solução que permite o suporte de novas formas integrações entre o IOC e o Bluemix. O broker que foi criado tinha como objectivo fazer a comunicação entre o IOC e as aplicações

criadas no BlueMix, podendo no futuro, em caso de necessidade, ter também uma camada de lógica. Nesta solução, o broker foi desenhado para ter dois propósitos. Para as aplicações dos Parques e dos Cortejos, tem a função de comunicar com o Bluemix e obter a última informação acerca do estado dos Parques e do posicionamento do cortejo.

Surgiu um terceiro propósito do broker onde disponibilizaria uma interface de entrada para o localizador de GPS. Este localizador de GPS foi uma aplicação experimental, que permitia que a qualquer pessoa, com um telemóvel com acesso à internet e com a aplicação do localizador, pudesse informar em tempo real a sua localização com o IOC. Aqui a integração é feita entre os telemóveis e o IOC. A informação que é passada pelo broker é transformada e mapeada para o IOC. Esta aplicação não foi desenvolvida. Todavia, ficou registada para futuras implementações.

O broker é constituído por dois serviços de webservice do tipo RESTfull sobre com a linguagem de programação C# e disponibilizado pelo IIS. Um dos serviços tem como objectivo consumir os serviços disponibilizados no Bluemix, o outro serviço expõe uma interface que permite a comunicação com o IOC. O alojamento foi disponibilizado pelo Instituto Politécnico de Tomar.

Recorreu-se o ao IBM Watson em duas fases do projecto. Na fase inicial para analisar os dados disponíveis, anda que em número, das duas últimas festas. E após a conclusão da festa foi feita nova análise com os dados recolhidos na última edição.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

Os dados recolhidos nas duas últimas edições da festa foram analisados, recorrendo ao IBM Watson, com o objetivo de determinar se os recursos e a sua localização prevista para esta edição eram adequados. Os resultados foram apresentados à organização da festa e às forças de proteção civil e de segurança.

Durante a festa, o IBM IOC serviu de elo de ligação entre os dois centros de comandos, facilitando a cooperação.

Durante a festa foram registadas as ocorrências e eventos (tais como, acidentes, assaltos, pessoas desaparecidas, estacionamento, acessos, entre outros). Nos centros de comando, foi possível monitorizar as ocorrências, os efectivos, e a posição do cortejo em tempo real. Através deste conhecimento os centros de comando conseguiram ter uma resposta mais célere para otimizar os seus recursos e meios no terreno (bombeiros, ambulâncias, equipas de socorro a pé, entre outros).

As Forças de segurança através do IBM IOC conheceram as das taxas de ocupação dos parques de estacionamento e conseguiram redirecionar os visitantes para parques livres.

Por último foram realizados relatórios com dados relativos a festa, que irá permitir em próximos eventos a racionalização dos meios sem comprometer a qualidade do serviço prestado.

V. CONCLUSÃO

Foi apresentada uma Framework que permite a cooperação e articulação entre as forças de proteção civil e de segurança e a

comissão de organização de eventos culturais e desportivos. A infraestrutura proposta permite ainda disponibilizar aos cidadãos informação que lhes permite não só cooperar com as forças de segurança e proteção civil e com a organização do evento, mas também usufruir dos recursos que lhes são colocados ao dispor. Assim, foram disponibilizadas aplicações móveis e uma WebAPP para cumprir este objetivo. De entre as informações disponibilizadas encontra-se a agenda das atividades da festa, a localização dos cortejos, assim como a taxa de ocupação dos parques de estacionamento.

Além das funcionalidades para os visitantes, a solução aqui proposta, teve também uma importante dimensão operacional para as autoridades de segurança e proteção civil de Tomar. PSP, GNR, Bombeiros e Proteção Civil carregaram e receberam, numa plataforma comum, registos e tipificação de todas as ocorrências da Festa dos Tabuleiros, tais como congestionamentos de tráfego, incidentes ou acidentes, lotação dos parques de estacionamento para reorientação do trânsito.

Toda esta informação foi útil não só para a monitorização e tomada de decisões durante a edição da Festa dos Tabuleiros 2015, como para o planeamento e gestão operacional de eventos futuros, em Tomar.

VI. REFERÊNCIAS

[1] Chourabi, Hafedh, et al. "Understanding smart cities: An integrative framework." System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on. IEEE, 2012.

[2] Naphade, Milind, et al. "Smarter cities and their innovation challenges." Computer 44.6 (2011): 32-39.

[3] Kehoe, Michael, et al. "Smarter cities series: a foundation for understanding IBM smarter cities." Redguides for Business Leaders, IBM (2011).

[4] Harrison, Colin, et al. "Foundations for smarter cities." IBM Journal of Research and Development 54.4 (2010): 1-16.

[5] Dirks, Susanne, and Mary Keeling. "A vision of smarter cities: How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future." IBM Institute for Business Value. June (2009).

[6] Rui Cao and Weidong Kou (IBM, Beijing 100101, China), Smart City: On Urban Operational Collaboration, Nov .2015 ZTE COMMUNICATIONS- December 2015 Vol.13 No.4

[7] IBM, IBM and ESRI hybrid solutions on the new IBM PureFlex System, April 2012

[8] IBM, IBM Bluemix The Cloud Platform for Creating and Delivering Applications, Set. 2015

[9] IBM, IBM Intelligent Operations Center for Smarter Cities Administration Guide, Nov 2012

[10] OASIS, Common Alerting Protocol Version 1.2, Julho 2010

[11] Hernández-Muñoz, José M., et al. Smart cities at the forefront of the future internet. Springer Berlin Heidelberg, 2011.

Humanidades Digitais , MOOCs e Cursos de Graduação:

Uma análise das condições de oferta no Brasil

Digital Humanities, MOOCs and Undergraduate Courses:

An analysis of the Brazilian supply conditions

Sílvia Regina Machado de Campos
Roberto Henriques
Information Management School, IMS
Universidade Nova de Lisboa
Lisboa, Portugal
silvia.rmc@hotmail.com
roberto@novaims.unl.pt

Mitsuru Higuchi Yanaze
Escola de Comunicações e Artes, ECA
Universidade de São Paulo, USP
São Paulo, Brazil
mitsuruyanaze@uol.com.br

Resumo — O presente artigo tem como objetivo apresentar as *Digital Humanities*, conhecidas como Humanidades Digitais ou Ciências Humanas Digitais, além de avaliar sua relação com a oferta de MOOCs e cursos de graduação nas modalidades à distância e presencial no Brasil. Trata-se de um estudo exploratório e descritivo, de natureza qualitativa e estratégia de pesquisa indutiva. Espera-se contribuir para identificar as principais áreas do conhecimento que prevalecem frente às condições de oferta atuais no país, em ambas as modalidades, e sua relação com o tema.

Palavras Chave – *humanidades digitais; cursos de graduação; modalidade de ensino; oferta; MOOC.*

Abstract — This article aims to present what comes to the *Digital Humanities*, and to evaluate its relationship to the offer of the undergraduate courses in e-learning and classroom modalities in Brazil. It is an exploratory and descriptive study, qualitative in its nature and with an inductive research strategy. It is expected to help identify the main areas of knowledge that prevail, given the current supply conditions in the country, and its relation to the topic of *Digital Humanities*.

Keywords - *digital humanities; undergraduate courses; teaching mode; supply; MOOC.*

I. INTRODUÇÃO

O artigo aborda o tema das Humanidades Digitais explorando a sua relação com as condições de oferta de cursos, em especial, aqueles nas modalidades de ensino à distância - MOOCs e cursos regulares de graduação oferecidos no Brasil. Trata-se de tema relevante e candente, uma vez que o oferecimento de cursos nessas modalidades envolve questões de custo, preço, acessibilidade, massividade e recursos tecnológicos e humanos que afetam a sustentabilidade das Instituições de Ensino Superior ou de terceiros. Espera-se

contribuir para um mapeamento da realidade atual da oferta de cursos nas referidas modalidades, para o Brasil. Trata-se de estudo exploratório e descritivo, de natureza qualitativa, já que destaca prioritariamente os temas dos cursos pesquisados, enfatizando a abordagem indutiva entre a teoria e a prática, com foco na geração de um novo conteúdo. Assim, do ponto de vista epistemológico, tem ênfase interpretativa e do ponto de vista ontológico, orientação construtivista [1], já que envolve a interpretação da realidade social como uma propriedade emergente decorrente da realidade das IES e outras ofertantes de cursos. Ao final, espera-se contribuir com o mapeamento das condições atuais da oferta dessas modalidades, a fim de se conhecer a realidade frente às condições de demanda e orientar estudos futuros.

II. O QUE SÃO *DIGITAL HUMANITIES* OU HUMANIDADES DIGITAIS?

As Ciências Humanas são, por natureza, uma ciência interpretativa e histórica, engajada com a reflexão sobre o presente em relação a tradição e experiência humana. A tecnologia digital tem sido o centro de suas atenções, em especial, no que concerne a transformação da escrita, do pensamento e das formas de se ensinar, constituindo, assim, o que se convencionou chamar Ciências Humanas Digitais [2], também conhecida como *Humanities Computing* [3]. Mas o que são *Digital Humanities* ou Humanidades Digitais?

São um campo de estudo, pesquisa, ensino e inovação preocupados com a interseção entre a computação e as disciplinas das Ciências Humanas. É metodológico por natureza e interdisciplinar em escopo. Envolve pesquisa, análise, síntese e apresentação de informação no formato

eletrônico. Estudam como as mídias afetam as disciplinas que as utilizam e o que estas disciplinas tem para contribuir com o conhecimento da computação [3].

É definida pelas oportunidades e desafios que surgem da conjunção das duas – *digital* e *humanities*, formando um novo coletivo singular, oriundo do encontro entre humanidades e métodos computacionais [4].

As Humanidades Digitais representam, assim, uma expansão das Ciências Humanas porque trazem valores, práticas interpretativas e de representação, estratégias de construção de significado, complexidades e ambiguidades de Ser Humano em cada experiência. Possuem uma abordagem do conhecimento e de construção do significado global, trans-histórica e trans-midiática.

III. AS *DIGITAL HUMANITIES* E OS MOOCS

Uma das questões que surge da reflexão sobre o uso de tecnologias aplicadas à área das Ciências Humanas, proposta pelas Humanidades Digitais, envolve o oferecimento de cursos a distância, em especial, o modelo dos *Massive Open Online Courses* [5, 6], denominados MOOCs, com a utilização de plataformas especializadas, tais como o *Coursera* [7] e o *Veduca* [8], direcionadas a uma “nova” forma de oferecimento.

Uma série de questões envolvem o oferecimento dos MOOCS, que variam desde as pedagógicas e políticas [6, 9, 10]; de disponibilização de infraestrutura e suas relações com preço e custos [6, 9] mas as opiniões entre os estudiosos divergem.

Os críticos apontam para a sua forma “padronizada” e “universal” de oferecimento, em detrimento das questões pedagógicas e culturais locais, assumindo-se que todos aprenderiam de uma mesma forma. Por outro lado, para os seus defensores, há um enorme idealismo e otimismo quanto à disponibilização da informação a um enorme contingente de pessoas, cujo acesso não seria possível de outra forma [6].

IV. METODOLOGIA

A pesquisa estrutura-se em três fases, a saber: 1) mapeamento dos MOOCS oferecidos pelos portais *Coursera* [7] e *Veduca* [8] e pelas Instituições de Ensino Superior (Universidade de São Paulo – USP [11] e Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP [12] precursores desse tipo de oferta no Brasil com o intuito de se conhecer as condições dessa modalidade de curso no país, através de pesquisa documental em meio virtual, realizada entre os meses de novembro a dezembro de 2015; 2) Em paralelo, a avaliação das áreas que predominam quanto à oferta de cursos de graduação pelas Instituições de Ensino Superior, por meio da análise dos dados do Censo da Educação Superior [13], uma pesquisa anual realizada pelo Instituto Nacional de Pesquisa e Estudos Educacionais Anísio Teixeira – INEP [14], do ano de 2014. E, finalmente, análise dos cursos de graduação

oferecidos na modalidade à distância, a título comparativo, utilizando-se os dados do mesmo Censo da Educação Superior [13]. Pretende-se avaliar a prevalência das áreas do conhecimento em relação às condições de oferta dessas modalidades de cursos. Adotou-se o ano de 2014 como referência por ser o último com microdados oficiais disponíveis, permitindo-se, assim, identificar paralelamente a oferta no país. O ano de 2008 serviu como ponto de referência, para uma análise comparativa.

V. OS MOOCS E O ENSINO A DISTÂNCIA NO BRASIL

Cursos a distância nunca foram novidade, pois alguns oferecimentos, pela London University, datam do ano de 1858.

A proeminência dos MOOCS é resultado do número crescente de matrículas, da postura agressiva por parte das universidades de prestígio, do incremento do investimento financeiro por parte de fundações e outros grupos interessados [10].

No Brasil, os primeiros cursos a distância foram oferecidos por correspondência, via TV ou formas primitivas de *e-learning*. A primeira iniciativa de MOOC foi lançada pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” em 2012 e intitulada Unesp Aberta [12]. Em 2013, foram lançados MOOCs com certificação pela Universidade de São Paulo (USP) [11] em parceria com o portal brasileiro *Veduca* [8].

Os *Massive Open Online Courses*, denominados MOOCs, têm características próprias. Seu modelo permite a inscrição de um elevado número de alunos. Os cursos são livres, gratuitos e geralmente não oferecem diploma, apenas uma certificação de conclusão; e variam quanto aos seus propósitos pedagógicos, filosofias e recursos tecnológicos utilizados [10].

Entretanto, este modelo tem-se modificado, mais recentemente, permitindo-se variações, tais como BOOCs¹, DOCCs², SMOCS³, SPOCs⁴[15]; além do pagamento de uma taxa ou inscrição ou mesmo o reconhecimento ou acreditação dos cursos [16].

Ao contrário dos MOOCs que, no início de sua oferta, eram considerados cursos livres, gratuitos e não ofereciam certificação, os cursos de graduação na modalidade à distância, no Brasil, podem ser oferecidos pelas instituições de ensino públicas ou privadas, caracterizando-se como gratuitos ou pagos. Podem envolver um número maior de alunos matriculados, configurando-se ou não em “ensino massivo”. Entretanto, sua natureza também é virtual e à distância. Com a diferença de que, no Brasil, os cursos à distância estão sujeitos à legislação própria [17] que regula, supervisiona e avalia as

¹ Big open online courses

² Distributed open collaborative courses

³ Synchronous massive online courses

⁴ Small private online courses

instituições de educação superior e cursos superiores de graduação.

VI. A OFERTA DE MOOCS

A primeira fase, desenvolvida através de pesquisa documental em meio virtual, nos dois principais portais de oferta de MOOCS no Brasil: Coursera [7] e Veduca [8], com o intuito de se mapear a oferta de MOOCs no Brasil pelas Instituições de Ensino Superior apresentou, pela plataforma Coursera, um total de 1.484 cursos cadastrados nas áreas de Artes e Humanas, Negócios, Ciência da Computação, Ciência de Dados, Ciências Biológicas, Matemática e Lógica, Desenvolvimento Pessoal, Ciência e Engenharia Física; e Ciências Sociais, baseados em 139 parceiros em 28 países, segundo classificação e terminologia próprias (Coursera, 2015). Nesta plataforma, no Brasil, apenas a Universidade de São Paulo - USP, a Universidade Estadual de Campinas - Unicamp e a Fundação Lemann aparecem como ofertantes de cursos, ou seja, 2,15% de todos os parceiros relacionados. Na categoria IES⁵, apenas a USP e Unicamp são ofertantes de MOOCS. Pode-se observar que os cursos oferecidos pela Unicamp são livres e em número reduzido (n=8), sendo que um curso não estava disponível para consulta no momento da coleta de dados. Condição similar se apresenta para os cursos oferecidos pela USP, ofertante de quatro cursos, onde dois não estavam sendo oferecidos no momento da coleta dos dados.

Abaixo, estão relacionados os cursos oferecidos pelas Instituições de Ensino Superior - Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP e Universidade de São Paulo - USP (Tabela 1), oriundos do portal Coursera.

TABELA 1. MOOCS OFERECIDOS PELA UNICAMP E USP

	MOOC
Unicamp	Como criar jogos 2D para iPhone e iPad*
	Como aprimorar e monetizar seu aplicativo para iOS*
	O Empreendedorismo e as Competências do Empreendedor Criando e publicando um aplicativo para iPhone e iPad na App Store*
	Como criar um aplicativo para iPhone*
	Como criar aplicativos com múltiplas telas para iPhone e iPad*
	Processamento Digital de Sinais - Amostragem
	Pluralidades em Português Brasileiro
	Big Data em Saúde no Brasil
Usp	História da Contabilidade
	Origens da Vida no Contexto Cósmico
	Fundamentos e Linguagem de Negócios: Contabilidade

Fonte: Coursera, 2015.

Os cursos são livres e em número reduzido (Tabela 1). Ao se acessar a plataforma da Unicamp, observa-se que cinco dos cursos, indicados com o asterisco (*), compõem, no conjunto, uma outra categoria de curso, distinta do curso de graduação,

⁵ Instituição de Ensino Superior

denominada especialização *lato sensu* em *Desenvolvimento e Design de Aplicativos para iPhone*. Condição similar se apresenta para os cursos oferecidos pela USP (Tabela 1), onde dois cursos são oferecidos gratuitamente, sem emissão de certificado, já que surge a mensagem de que o “período para registro de certificados está encerrado”. Outros dois não dispõem do período de oferta, o que permite concluir que não são oferecidos no momento.

Assim, de um total de 1.484 (N=100%) MOOCS oferecidos pela plataforma, apenas 12 (0,8%) são de IES brasileiras. E desses, nove (0,6%) estão sendo oferecidos.

No portal Veduca (Tabelas 2 e 3), por sua vez, a categoria dos cursos inclui os gratuitos, MBAs⁶ e de extensão. As instituições ofertantes no Brasil são BM&FBOVESPA⁷, FIA⁸, Fundação Lemann⁹, UFSC¹⁰, UNB¹¹, Unesp¹², Unicamp¹³, Unisinos¹⁴ e USP¹⁵. As áreas do conhecimento e de oferecimento compreendem administração e negócios; artes & arquitetura; astronomia; biologia; ciências da computação; comunicação & jornalismo; direito; economia; educação; engenharia; filosofia & religião; física; geografia & estudos culturais; história; literatura, línguas e linguística; matemática & estatística; medicina & ciências da saúde; meio ambiente & ciências da terra; política; psicologia; e química, segundo classificação e terminologia próprias.

Na categoria de MOOCs, alvo desta fase da pesquisa, identificou-se as seguintes IES, cursos e modalidades (Tabela 2):

TABELA 2. MOOCS OFERECIDOS NA PLATAFORMA VEDUCA

IES	MOOC
USP	Física básica
UNB	Bioenergética
Unisinos	Libras

Fonte: Veduca, 2015.

Aparecem, ainda, sendo ofertados na plataforma, pelas instituições brasileiras, cerca de 39 outras opções de aulas livres e um curso de extensão.

Em seguida, procedeu-se com pesquisa similar à anterior, ou seja, consulta em meio virtual aos portais de duas Instituições

⁶ Master in Business Administration

⁷ BM&FBOVESPA é uma companhia que administra mercados organizados de Títulos, Valores Mobiliários e Contratos Derivativos, além de prestar serviços de registro, compensação e liquidação, atuando, principalmente, como contraparte central garantidora da liquidação financeira das operações realizadas em seus ambientes. Disponível em: <http://www.bmfbovespa.com.br/pt_br/a-bm-fbovespa/institucional/quem-somos/> Acesso em: 31 mar 2016.

⁸ Fundação Instituto de Administração, da Universidade de São Paulo.

⁹ Organização familiar sem fins lucrativos.

¹⁰ Universidade Federal de Santa Catarina

¹¹ Universidade de Brasília

¹² Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

¹³ Universidade Estadual de Campinas.

¹⁴ Universidade do Vale do Rio dos Sinos

¹⁵ Universidade de São Paulo

de Ensino Superior Públicas, reconhecidas como as precursoras na oferta de MOOCS no país, a saber: a Universidade de São Paulo (USP) e Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

Em consulta ao site da UNESP, em especial à Universidade Aberta, observa-se que os cursos estão organizados pelas áreas do conhecimento – biológicas, exatas e humanas. São cursos livres, sem assessoria pedagógica (tutoria), avaliação e certificação (Tabela 3), não fazendo nenhuma referência à terminologia MOOC. E, são, em sua grande maioria, da área de humanas.

TABELA 3. CURSOS OFERECIDOS À DISTÂNCIA PELA UNIVERSIDADE ABERTA, UNESP

Área	Curso a distância
Biológicas	Conteúdos e Didática de Educação Física
	Cálculo Num. raízes de funções - mét. Bissecção
Exatas	Ferramentas de Diagnóstico de Máquinas
	A lei de diretrizes e bases
Humanas	Com. pública, cidadania e democracia digital
	Conteúdos e Didática de Alfabetização
	Conteúdos e Didática de Artes
	Conteúdo e Didática de Ciências e Saúde
	Conteúdos e Didática de Geografia
	Conteúdos e Didática de História
	Conteúdos e Did. Língua Port. e Literatura
	Curso Tec. Assistiva, Proj. e Acess. Inclusão Escolar
	Didática Geral
	Direito Administrativo
	Educação e Linguagem: Educação Infantil
	Educação e Sociedade
	Educação Inclusiva e Especial
	Educação Infantil: abordagens curriculares
	Ed. Inf.: Dif. formas de Ling. Express. Comunicativas
	Ética e Cidadania
	Filosofia da Educação
	Fundamentos e Princípios da Educação Infantil
	História da Educação
	Introdução à Pesquisa Científica
Política Educacional	
Psicologia da Educação	
Relações e Procedimentos no Ambiente de Trabalho	
Sociologia da Educação	

Fonte: Portal UNESP, 2015.

Em consulta similar ao Portal da USP, foram identificadas as seguintes categorias de cursos (Tabela 4).

TABELA 4. CURSOS OFERECIDOS À DISTÂNCIA PELA USP

Graduação	Curso Semipresencial de Lic. Ciências
Especialização	Curso de Esp. Ética, Valores e Saúde na Escola
	Aprendizagem Motora
Atualização	Marketing em Alimentos e Agronegócios
Difusão	Introdução ao Design Educacional

Fonte: Portal USP, 2015.

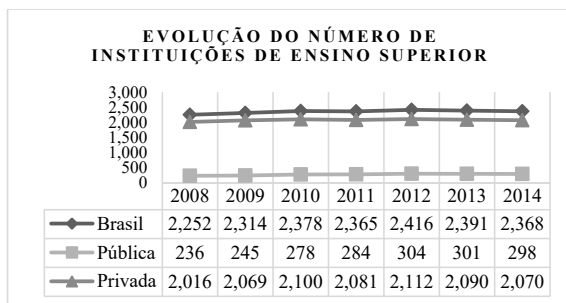
A USP oferece, pelo menos, dois outros cursos de aperfeiçoamento, dois (2) de atualização, seis (6) de difusão, cinco (5) especializações, onze (11) MBAs¹⁶ e um (1) MBE¹⁷, no último ano. Há que se destacar, também, o portal *e-aulas*, onde podem ser encontradas mais de 1208 horas de aulas em vídeos, organizados pelas áreas de humanas, exatas e biológicas.

VII. OS CURSOS PRESENCIAIS TRADICIONAIS

A segunda fase do estudo mapeou a oferta de cursos de graduação no Brasil, de 2008 a 2014, com base nos dados do Censo da Educação Superior, de modo a avaliar este cenário frente ao oferecimento dos MOOCS. Adotou-se o ano de 2014 como referência por ser o último com microdados oficiais disponíveis, permitindo-se, assim, identificar paralelamente a oferta no país. O ano de 2008 foi adotado como ponto de referência, para uma análise comparativa.

No Brasil, de 2008 a 2014, vem ocorrendo um relativo incremento geral do número de instituições de ensino superior, até o ano de 2012, como atesta a Figura 1, com um ligeiro decréscimo desse número nos anos de 2013 e 2014; porém, com crescimento do número de cursos e vagas, incluindo-se todas as categorias administrativas (públicas e privadas) e organizações acadêmicas (universidade, centro universitário, faculdade, institutos, etc.) referentes às Instituições de Ensino Superior.

A expansão da educação superior no país vinha ocorrendo, especialmente, nas últimas décadas, para ampliar o acesso da população à educação, o que convencionou-se chamar democratização e/ou universalização do ensino [18-21].



¹⁶ Master in Business Administration

¹⁷ Master in Business Engineering

Figura 1 – Evolução do número de IES de 2008 a 2014 no Brasil. Fonte: MEC, INEP, 2008-2014.

No que concerne ao ensino de graduação na modalidade presencial, observa-se que, de 2008 a 2014, houve significativo crescimento no número de cursos, de vagas e de alunos matriculados, conforme ilustra a Figura 2.

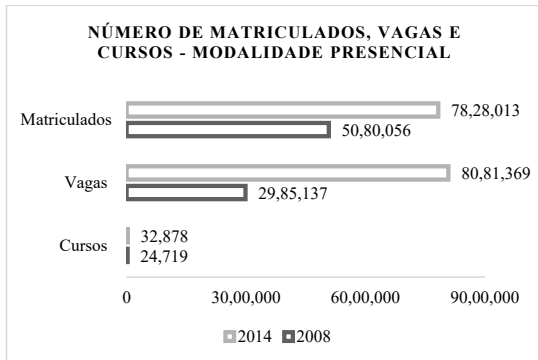


Figura 2 – Evolução do número de cursos, vagas e alunos matriculados na modalidade presencial. Fonte: MEC, INEP, 2008-2014.

Segundo dados do Censo da Educação 2014 [13], de um total de 32.878 cursos oferecidos, a grande maioria (20.293 cursos), incluindo-se as duas modalidades, é da área de Humanidades, pois incluem Ciências Sociais, Negócios e Direito; Educação; Serviços; e Humanidades e Artes. Desses, 31.513 são presenciais e 1.365 são na modalidade a distância [13].

Abaixo, apresenta-se a distribuição da oferta de cursos na modalidade presencial, segundo as principais áreas da OCDE, onde 60,5% de toda a oferta se concentra na área de humanidades (Tabela 5).

TABELA 5. PRINCIPAIS ÁREAS DA OCDE E NÚMERO TOTAL DE CURSOS OFERECIDOS NA MODALIDADE PRESENCIAL

Cursos de graduação, modalidade presencial, segundo as principais áreas da OCDE, 2014	
Educação	7.241
Ciências Sociais, Negócios e Direito	9.279
Serviços	1.089
Ciências, Matemática e Computação	3.183
Engenharia, Produção e Construção	4.501
Saúde e Bem-Estar Social	3.853
Humanidades e Artes	1.459
Agricultura e Veterinária	908
TOTAL	31.513

Fonte: MEC, INEP, 2014.

Esses cursos são oferecidos por 2.363 IES e correspondem a 18.319 cursos de bacharelado; 7.261 cursos de licenciatura e 5.933 cursos de formação de tecnólogo.

VIII. A OFERTA DE CURSOS À DISTÂNCIA

No que concerne ao ensino de graduação na modalidade a distância, de 2008 para 2014, pode-se observar um crescimento do número de cursos ofertados, do número de vagas oferecidas e de alunos matriculados, conforme ilustra a Figura 3.

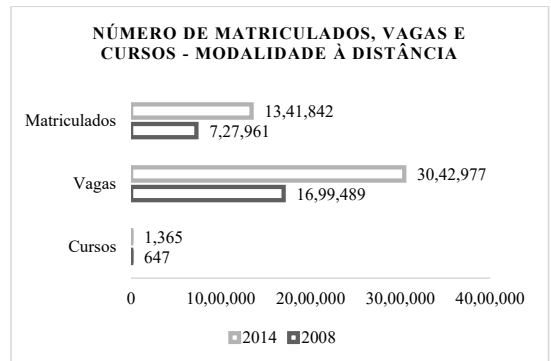


Figura 3 – Evolução do número de cursos, vagas e alunos matriculados na modalidade à distância. Fonte: MEC, INEP, 2008-2014.

De 2008 para 2014, o número de cursos e vagas oferecidos nessa modalidade cresceu significativamente. O número de alunos matriculados em 2014 também aumentou em relação ao ano de 2008, o que sinaliza um potencial interesse pelo ensino a distância (Figura 3).

Embora não se possa afirmar que todos os matriculados em cursos na modalidade a distância concluirão o curso com êxito. Ao contrário, estudos recentes [22-24] apontam que os índices de evasão são superiores na modalidade à distância (28,8% na modalidade à distância; contra 24,9%, na presencial, em 2013)[25] e que seu número de concluintes é inferior ao dos cursos presenciais, que são também reduzidos. Ressalte-se, ainda, que, no Brasil, 17,14% de todo o alunado está matriculado em cursos à distância.

Em complemento, a grande maioria dos cursos oferecidos nessa modalidade, segundo dados do Censo da Educação [13], são nas áreas de Educação; Ciências Sociais, Negócios e Direito; seguidos, posteriormente, por todos os demais, conforme atesta a Tabela 6.

TABELA 6. PRINCIPAIS ÁREAS DA OCDE E NÚMERO TOTAL DE CURSOS OFERECIDOS NA MODALIDADE A DISTÂNCIA

Cursos de graduação, modalidade à distância, segundo as principais áreas da OCDE, 2014	
Educação	592
Ciências Sociais, Negócios e Direito	549
Serviços	61
Ciências, Matemática e Computação	57
Engenharia, Produção e Construção	42
Saúde e Bem-Estar Social	30

Humanidades e Artes	23
Agricultura e Veterinária	11
TOTAL	1.365

Fonte: MEC, INEP, 2014.

Esses cursos são oferecidos por um total de 177 IES, sendo 290 cursos de bacharelado, 595 cursos de licenciatura e 480 cursos de formação de tecnólogos.

IX. CONCLUSÕES

Conclui-se que os MOOCs, no Brasil, em especial aqueles oferecidos no ano em estudo, são em número reduzido e pouco ofertados pelas Instituições de Ensino Superior. Ainda assim, aqueles oferecidos atendem às condições de gratuidade e são livres, porém diversos quanto à área do conhecimento. Importante destacar que não foi possível avaliar o número de alunos matriculados e concluintes nessa modalidade de cursos, inviabilizando-se, assim, analisar sua condição “massiva”.

No que se refere aos cursos de graduação presenciais, oferecidos pelas IES, nota-se, de 2008 para 2014, o crescimento do número de cursos, vagas e alunos matriculados (Figura 2), fato que também se reproduz em relação aos cursos à distância (Figura 3). Mesmo com maior diversidade na oferta de cursos, predominam e prevalecem os das áreas de Ciências Humanas e Ciências Sociais Aplicadas (Tabelas 5 e 6), nas duas modalidades.

Embora esse crescimento seja representativo, destaca-se o baixo número proporcional de alunos concluintes em relação ao número de alunos ingressos e matriculados, sendo de 837.284 para os cursos na modalidade presencial (Tabela 7) e de 189.788 na modalidade à distância (Tabela 8).

TABELA 7. CURSOS, VAGAS, INGRESSOS, MATRICULADOS E CONCLUINTES, MODALIDADE PRESENCIAL, SEGUNDO AS ÁREAS DA OCDE

Cursos de graduação, modalidade presencial, segundo as principais áreas da OCDE, 2014					
Área da OCDE	Cursos	Vagas	Ingressos	Matriculados	Concluintes
Educação	7241	744775	296395	924596	142184
Ciências Sociais, Negócios e Direito	9279	1937325	909930	2510517	362352
Serviços	1089	145475	52858	116755	23348
Ciências, Matemática e Computação	3183	431091	165029	424664	53127
Engenharia, Produção e Construção	4501	807645	442721	1140886	86346
Saúde e Bem-Estar Social	3853	695996	368108	988752	122423
Humanidades e Artes	1459	148967	62313	161599	27788
Agricultura e Veterinária	908	100215	65631	196116	19716
TOTAL	31.513	5.011.489	2.362.985	6.463.885	837.284

Fonte: MEC, INEP, 2014.

TABELA 8. CURSOS, VAGAS, INGRESSOS, MATRICULADOS E CONCLUINTES, MODALIDADE À DISTÂNCIA, SEGUNDO AS ÁREAS DA OCDE

Cursos de graduação, modalidade à distância, segundo as principais áreas da OCDE, 2014					
Área da OCDE	Cursos	Vagas	Ingressos	Matriculados	Concluintes
Educação	592	1109654	271172	538952	74403
Ciências Sociais, Negócios e Direito	549	1325177	332221	575483	86260
Serviços	61	230291	30781	56619	9160
Ciências, Matemática e Computação	57	134763	23945	31610	3239
Engenharia, Produção e Construção	42	60176	17617	26454	2338
Saúde, Bem-Estar Social	30	127429	45929	104939	13361
Humanidades e Artes	23	14708	3872	5339	623
Agricultura e Veterinária	11	40779	2201	2446	404
TOTAL	1.365	3.042.977	727.738	1.341.842	189.788

Fonte: MEC, INEP, 2014.

Apesar da grande oferta de cursos na área de Ciências Humanas e Ciências Sociais Aplicadas, fica evidenciada a necessidade de se ampliar a discussão da área das Humanidades Digitais, aproximando-se essas áreas dos recursos tecnológicos, uma vez que, pelos dados observados, a abordagem do conhecimento e da construção do significado é ainda específica e particular à tradicional segmentação por área do conhecimento. A utilização de recursos tecnológicos é uma questão retórica determinística, imposta por aqueles que são céticos às Humanidades Digitais. Vive-se em uma sociedade conectada, em rede, e não pode haver ciências humanas sem o digital, porque, na prática, elas já existem [9].

Pode-se observar, como decorrência, que no Brasil não há destaque para os MOOCs, o que pressupõe um certo preconceito acerca da terminologia, embora se observe que mesmo nos cursos tradicionais, regulados, na modalidade à distância, pode haver a autorização para um número elevado de vagas, o que indicaria uma certa massividade na oferta.

Além disso, conclui-se que o número bruto de MOOCs não é suficiente para avaliar sua massividade, já que mesmo um ínfimo número de cursos nessa modalidade poderia comportar um elevado número de matriculados. A possibilidade de participação de estudantes brasileiros em outras plataformas, conhecidas internacionalmente pode ser um fator a ser investigado, já que justificaria o baixo número, no país, levantando a hipótese de que a oferta pode estar se dando por intermédio de outras plataformas e outras línguas. Neste caso, recomenda-se, para estudos futuros, o aprofundamento da

pesquisa, buscando-se, incluir o número de matriculados e alunos concluintes, à luz do que já foi feito com os cursos regulares nas modalidades presencial e à distância.

Ressalte-se que, a condição de curso livre, que caracteriza os MOOCs, no Brasil, não exige dos participantes formação prévia. Ao contrário do que ocorre com os cursos regulares, nas modalidades presencial e à distância, onde os ingressantes devem, obrigatoriamente, ter concluído o ensino médio.

Como decorrência da reflexão do tema das *Digital Humanities*, faz-se mister pensar novas formas de oferecimento de cursos, não só de graduação, em uma sociedade conectada, onde novos paradigmas orientam as

práticas comunicacionais; e ressaltar o que apregoam as *Humanidades Digitais* que vislumbram, na época atual, uma promessa de renovação do conhecimento, motivados por novos modos de formação ativados por ambientes digitais em rede [26]. Sugere-se, ainda, a avaliação de fatores que envolvam a qualificação e avaliação do ensino a distância; os recursos tecnológicos adequados para cada modalidade e seus limites; os modelos de negócios e a avaliação da qualidade decorrente; bem como a organização, uso e a propriedade dos dados oriundos de plataformas de ensino/aprendizagem já que essas questões impactam direta ou indiretamente nas condições de oferta das Instituições de Ensino Superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bryman, A.: 'Social Research Methods' (Oxford University Press, 2012, 4th edn. 2012)
- [2] Dalbello, M.: 'A genealogy of digital humanities', *Journal of Documentation*, 2010, 67, (3), pp. 480-506
- [3] Kirschenbaum, M.: 'What Is Digital Humanities and What's It Doing in English Departments?', in Editor (Ed.)(Eds.): 'Book What Is Digital Humanities and What's It Doing in English Departments?' (ADE and the Association of Departments of English are trademarks owned by the Modern Language Association, 2010, edn.), pp.
- [4] Burdick, A.D., Johanna; Lunenfeld, Peter; Presner, Todd; Schnapp, Jeffrey: 'Digital Humanities', in Editor (Ed.)(Eds.): 'Book Digital Humanities' (Massachusetts Institute of Technology, 2012, edn.), pp.
- [5] Bates, A.W.T.: 'Teaching in a Digital Age', in Editor (Ed.)(Eds.): 'Book Teaching in a Digital Age' (2015, edn.), pp.
- [6] Godwin-Jones, R.: 'Emerging Technologies. Global reach and local practice: The promise of MOOCs', *Language Learning & Technology*, 2014, 18(3), pp. 5-15
- [7] <https://pt.coursera.org/browse/>, accessed nov. 24, 2015 2015
- [8] <http://www.veduca.com.br/>, accessed nov. 24, 2015 2015
- [9] Chun, W.H.K.R., Lisa Marie: 'Working the Digital Humanities: Uncovering Shadows between the Dark and the Light', *di f f e r e n c e s : A Journal of Feminist Cultural Studies*, 2014, 25, (1)
- [10] Thille, C.: 'MOOCs and Technology to Advance Learning and Learning Research', *Ubiquity Symposium*, 2014
- [11] <http://www5.usp.br/ensino/educacao-a-distancia/>, accessed nov. 24, 2015 2015
- [12] <http://www.unesp.br/unespaberta>, accessed nov. 24, 2015 2015
- [13] <http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-microdados>, accessed fev 2016 2016
- [14] www.inep.gov.br2015
- [15] www.insidehighered.com/
- [16] Commission, M.: 'Time for MOOCs: MOOC Commission sub-report', in Editor (Ed.)(Eds.): 'Book Time for MOOCs: MOOC Commission sub-report' (2013, edn.), pp.
- [17] 'PORTARIA NORMATIVA N o 2, DE 10 DE JANEIRO DE 2007 - Dispõe sobre os procedimentos de regulação e avaliação da educação superior na modalidade a distância.', 2007
- [18] Martins, C.B.: 'A Reforma Universitária de 1968 e a abertura para o Ensino Superior Privado no Brasil', *Educ. Soc.*, 2009, 30, (106), pp. 15-35
- [19] Sampaio, H.: 'Diversidade e Diferenciação no Ensino Superior no Brasil: conceitos para discussão', *RBCS* 2014, 29 (84 fevereiro/2014)
- [20] Gomes, A.M.M., Karine Nunes de: 'Educação Superior no Brasil Contemporâneo: transição para um sistema de massa', *Educ. Soc.*, 2012, 33, (jan.-mar. 2012), pp. 171-190
- [21] Lima, P.G.: 'Universalização da Educação Superior no Brasil: contrapontos e possibilidades', *Educar em Revista*, 2014, n.51, (jan./mar. 2014), pp. p. 243-264
- [22] Lobo, M.B.d.C.M.: 'Panorama da Evasão no Ensino Superior Brasileiro', in Editor (Ed.)(Eds.): 'Book Panorama da Evasão no Ensino Superior Brasileiro' (2011, edn.), pp.
- [23] Bittencourt., I.M., and Luis Paulo Leopoldo Mercado: 'Evasão nos cursos na modalidade de educação a distância: estudo de caso do Curso Piloto de Administração da UFAL/UAB', *Ensaio: aval. pol. públ. Educ.*, Rio de Janeiro, 2014, 22, (83), pp. 465-504
- [24] Filho, R.L.L.e.S., Motejunas., P.R., Hipólito., O., and Lobo, M.B.d.C.M.: 'A Evasão no Ensino Superior Brasileiro', *Cadernos de Pesquisa*, 2007, 37, (132, set./dez. 2007), pp. 641-659
- [25] <http://www.abed.org.br/site/pt/>, accessed Jan 10th, 2016
- [26] Burdick, A.D., Johanna; Lunenfeld, Peter; Presner, Todd; Schnapp, Jeffrey: 'Digital Humanities', in Editor (Ed.)(Eds.): 'Book Digital Humanities' (Massachusetts Institute of Technology, 2012, edn.), pp.

Gestão de Continuidade e Disponibilidade

Estudo de Caso: Um Modelo Híbrido Aplicado aos Serviços de Banco de Dados de uma Operadora de Saúde Suplementar

Continuity and Availability Management

Case Study: A Hybrid Model Applied in Databases Services of a Supplementary Health Operator

Adriano Bessa Albuquerque

Departamento de Informática, Universidade de Fortaleza –
UNIFOR.
Fortaleza, Brasil.
adrianoba@unifor.br

Leonardo Bastos Pontes

Departamento de Informática, Universidade de Fortaleza –
UNIFOR.
Fortaleza, Brasil.
leonardo.bastos.pontes@gmail.com

Resumo — Este trabalho está situado no ambiente de gestão de serviços de tecnologia de informação e banco de dados, com alguns aspectos de governança de tecnologia da informação, e se propõe a implementar um modelo híbrido de gestão de continuidade e disponibilidade dos serviços de um banco de dados em uma Operadora de Saúde Suplementar. É híbrido porque utiliza fundamentos dos principais guias de gestão de serviços, tais como CMMI Para Serviços, COBIT, ISO 20000, ITIL e MPS.BR Para Serviços. O estudo tem a sua importância para manter um bom fluxo no banco de dados e aumentar a agilidade nos sistemas das clínicas credenciadas no plano de saúde.

Palavras Chave – *continuidade, disponibilidade, gestão de serviços, guias de gestão, plano de saúde, serviços de tecnologia da informação.*

Abstract — This paper is held in the information technology services management environment, with a few ideas of information technology governance, and purposes to implement a hybrid model to manage the services of a database, based on the principles of information technology services management in a supplementary health operator. It is a hybrid model because utilizes fundamental nuances of services management guides, such as CMMI for Services, COBIT, ISO 20000, ITIL and MPS.BR for Services. This study has its importance because it keeps a good flow in the database and improves the agility of the systems in the accredited clinics in the health plan.

Keywords – *availability, continuity, health plan, information technology services, management guides, service management.*

I. INTRODUÇÃO

O ambiente corporativo contemporâneo possui grande dependência dos recursos providos pela tecnologia da informação e comunicação (TIC), e, dessa forma, se faz necessário realizar um gerenciamento dos serviços de TI (GSTI), para que as demandas sejam analisadas e concluídas de forma efetiva. Isaías Bianchi [1] destaca também que o GSTI

objetiva a alocação adequada dos recursos disponíveis e gerenciá-los de forma integrada, fazendo com que a qualidade do conjunto seja percebida pelos clientes e usuários, permitindo, assim, que os serviços de TI sejam realizados com maior eficácia e eficiência. Dentro da área de GSTI [2], destacam-se duas seções que se desenvolvem de forma harmoniosa: gerenciamento de disponibilidade (GD) e gerenciamento de continuidade (GC). Este processo de gestão conjunta visa garantir a qualidade de ambos gerenciamentos: disponibilidade e continuidade são características valiosas dos serviços. Especialmente em provisão contínua de serviços, como a maioria dos serviços de TI, que são qualidades invisíveis até que algo dê errado. De qualquer forma, continuidade e disponibilidade devem ser confundidas entre si e também combinadas, pois a disponibilidade se refere à característica que faz o serviço acessível e consumível a qualquer momento (de acordo com as diretrizes entre contratante e contratado); já a continuidade se refere à habilidade do provedor de serviços permanecer no ar os serviços acordados [3]. Não há estudos semelhantes na área de empresas de saúde, algo que justifica e valoriza esta pesquisa, no que se refere às duas seções de gerenciamento citadas. Estas seções são adjuntas por terem o objetivo de assegurar que os acordos de níveis de serviço (SLA) sejam cumpridos em circunstâncias previsíveis; estes processos também são responsáveis por assegurarem os interesses dos clientes e demais partes interessadas, e isso inclui definir, analisar, planejar, medir e melhorar todos os aspectos da disponibilidade e continuidade dos serviços. Isto envolve a redução de riscos em um nível aceitável e planejado para a recuperação do serviço caso ocorra uma interrupção. Por tal importância e funcionalidade, o estudo também é válido para setores corporativos atuantes em outros nichos de mercado, como por exemplo, empresas de *data center*, e quaisquer outros serviços que se utilizem de tecnologia de banco de dados; enfatiza-se a importância em outros segmentos pelo fato de continuidade e

disponibilidade estarem explicitamente descritos em contratos formais.

II. PROCESSO PROPOSTO

O modelo construído e exposto neste estudo visa lidar com possíveis interrupções nos serviços e sistemas das clínicas credenciadas ao plano de saúde suplementar, no caso, disponibilidade dos serviços e a sua devida continuidade.

A. Problemas e Processo

Os problemas relacionados à disponibilidade e continuidade, podem ser definidos de forma sintética como: acessos simultâneos que bloqueiam as consultas no banco de dados; no que se refere à disponibilidade, quanto menor o número e tempo de bloqueios, mais a base estará disponível, e quanto à continuidade, quanto menor for o tempo de espera de cada bloqueio, maior será o nível de continuidade. Neste estudo de caso os fatores chave que influenciam nas rotinas das clínicas são os bloqueios

B. Modelo de Gestão

O modelo construído é baseado em Barbosa [4], CMMI [5], Cots Casadesús [6], Crisc [7], SEI [8], e foi criado para gerenciar a continuidade e disponibilidade dos serviços (consultas) do banco de dados, onde: no que se refere à disponibilidade, quanto menor for a quantidade de bloqueios no banco de dados, mais ele estará disponível; e, no que se refere à continuidade, quanto menor for o tempo de espera de cada bloqueio, maior será o nível de continuidade. Tal modelo é constituído de onze atividades, que seguem ilustradas na Figura 1.

O modelo, de forma sucinta, funcionará da seguinte forma: enquanto houver processos bloqueados, o administrador do banco de dados será notificado por e-mail, automaticamente. Ao receber esse e-mail, ele verificará se o processo bloqueador poderá ser executado em outro servidor, espelhado do servidor principal (chamado também de servidor de produção).

A primeira atividade, de Identificar os Requisitos tem como objetivo identificar e listar os requisitos necessários para a confecção do Plano de Gestão de Continuidade e Disponibilidade; os requisitos foram colhidos, de acordo com a rotina do banco de dados, foram as quantidades e tempo de bloqueios na base. A segunda atividade, consequência da primeira, mas com mais detalhes, é Desenvolver o Plano de Continuidade, baseado nos requisitos dos serviços no banco de dados, dando foco em como a continuidade será gerenciada. A terceira atividade, também consequência da primeira, mas com mais detalhes, é Desenvolver o Plano de Disponibilidade, baseado nos requisitos dos serviços no banco de dados, com foco em como os bloqueios impactam na disponibilidade do banco e dos serviços dependentes dele. As quarta e quinta atividades do Modelo de Gestão são, respectivamente Testar a Continuidade e Disponibilidade dos Serviços; esses testes são feitos simulando os serviços diários, e em seguida aplicando efetivamente no banco de dados oficial (também chamado de banco de produção). A consequência das quarta e quinta atividades é Monitorar a Disponibilidade e Continuidade dos Serviços, a sexta atividade; verificando os resultados dos testes dos planos de continuidade e disponibilidade. Como sétima

atividade, de Identificar e Analisar Causas de Indisponibilidade Não Planejadas, serão identificados e analisados os momentos de indisponibilidade não planejados, juntamente com suas respectivas causas, que serão trabalhadas na oitava atividade: Tratar Causas Identificadas. As atividades números nove e dez, são de Atualizar Plano de Continuidade e Disponibilidade dos Serviços, respectivamente; baseadas nas análises das causas de indisponibilidades identificadas pela sétima atividade, e tratadas na oitava atividade. Na atividade de número onze, Planejar Revisão do Modelo de Gestão de Continuidade e Disponibilidade, e também final, será agendado um momento para revisar o modelo, de acordo com as necessidades, ou então de forma proativa.

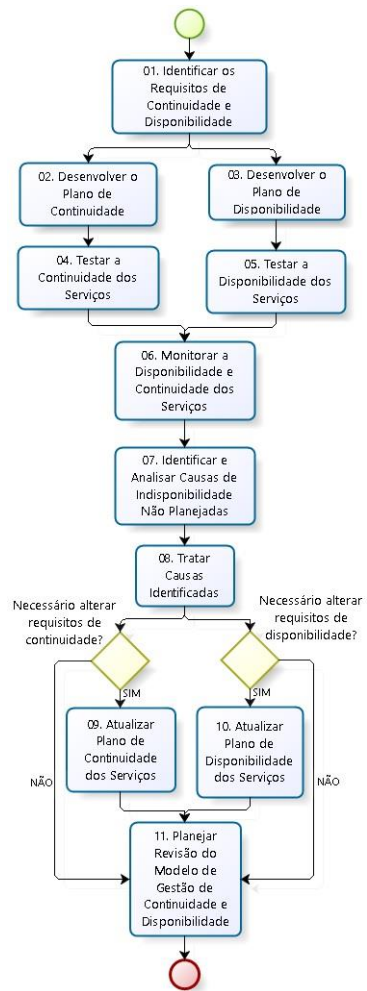


Figura 1. Modelo híbrido de gestão de continuidade e disponibilidade

C. Comandos Executados

O modelo utiliza uma série de comandos SQL para o administrador do banco de dados (DBA) gerenciar a continuidade e disponibilidade de forma eficiente. Por exemplo, a Figura 2 é uma rotina automática agendada para ser executada a cada dois minutos, e, caso existam consultas bloqueadas o DBA será notificado via e-mail, junto com a quantidade de consultas bloqueadas.

```

IF (SELECT COUNT (*) from(
-- BLOCKED QUERIES --
SELECT
  sess.session_id, -- blocked process
  syp.blocked -- blocker
FROM sys.dm_exec_sessions sess
  INNER JOIN sys.dm_os_waiting_tasks tasks
ON sess.session_id = tasks.session_id
  INNER JOIN sys.sysprocesses syp
ON sess.session_id = syp.spid
  WHERE tasks.blocking_session_id <> 0
) as Quantidade) <> 0
EXEC msdb.dbo.sp_send_dbmail
@profile_name = 'DBA',
@recipients = 'dba@domain.com.br',
@query = 'SELECT COUNT (*) from(
-- BLOCKED QUERIES --
SELECT
  sess.session_id, -- blocked process
  syp.blocked -- blocker
FROM sys.dm_exec_sessions sess
  INNER JOIN sys.dm_os_waiting_tasks tasks
ON sess.session_id = tasks.session_id
  INNER JOIN sys.sysprocesses syp
ON sess.session_id = syp.spid
  WHERE tasks.blocking_session_id <> 0
) as Quantidade',
@subject = 'Blocked Queries Count';
  
```

Figura 2. Notificação da existência de bloqueios

A Figura 3 mostra a consulta que o administrador do banco irá executar para ver as consultas bloqueadas, com seus respectivos usuários, tempos de execução, o tipo de comando, número identificador da sessão, e qual consulta está bloqueando.

```

-- BLOCKED QUERIES --
SELECT
  sess.session_id, -- blocked process
  syp.blocked, -- blocker
  req.command,
  sess.login_time,
  sess.original_login_name,
  sess.login_name,
  sess.host_name,
  sess.program_name,
  conn.client_net_address,
  sess.status,
  req.cpu_time
FROM sys.dm_exec_sessions sess
  INNER JOIN sys.dm_exec_connections conn
ON sess.session_id = conn.session_id
  INNER JOIN sys.dm_os_waiting_tasks tasks
ON sess.session_id = tasks.session_id
  INNER JOIN sys.dm_exec_requests req
ON sess.session_id = req.session_id
  INNER JOIN sys.sysprocesses syp
ON sess.session_id = syp.spid
  WHERE tasks.blocking_session_id <> 0
ORDER BY req.cpu_time desc
  
```

Figura 3. Comando que lista as consultas bloqueadas

Com o auxílio da Figura 3, será possível ver o número de sessão das consultas que são responsáveis pelos bloqueios (sysp.blocked, -- blocker). Esse registro será utilizado na última linha do comando (Figura 4) que lista o texto do comando bloqueador, os tempos de CPU e de execução, o login do usuário responsável, o tipo de comando e o status do bloqueador.

```

-- EXECUTING QUERIES --
SELECT sqltext.TEXT as Text,
getdate() as Data,
req.session_id as #Session_Id,
req.status as Status,
req.command as Command,
req.cpu_time/1000 as Tempo_CPU, -- time in seconds --,
req.total_elapsed_time/1000 as Total_Time, -- total time --
sess.login_time,
sess.original_login_name,
sess.login_name
FROM sys.dm_exec_requests req
  INNER JOIN sys.dm_exec_sessions sess
ON req.session_id = sess.session_id
CROSS APPLY sys.dm_exec_sql_text(sql_handle) AS sqltext
where req.session_id = 3198 -- insert blocker SPID
  
```

Figura 4. Comando que detalha as informações do bloqueados

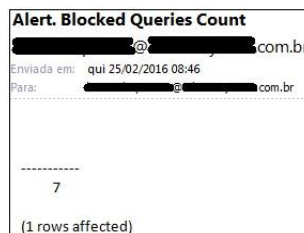


Figura 5. Exemplo de e-mail

A Figura 5 encerra o tópico das consultas SQL, ilustrando o tipo de mensagem enviada ao e-mail do DBA, com o assunto de “Alert. Blocked Queries Count”, e no corpo do e-mail há a quantidade de consultas bloqueadas no banco de dados. Dando prosseguimento ao workflow do modelo de gestão.

III. RESULTADOS

Na empresa exposta neste trabalho não havia rotina qualquer que gerenciasse a continuidade e disponibilidade dos serviços do banco de dados, portanto, não havia indicadores a serem estudados. Nos momentos de interrupção, o administrador do banco era notificado que estavam ocorrendo momentos de “lentidão” no sistema, ou que os sistemas estavam “travando”; por tal motivo, as soluções cabíveis eram tomadas com medidas emergenciais, não sendo possível tratar as causas com atenção.

Após implementação do modelo de gestão, foram colhidos como indicadores de desempenho a quantidade de agentes bloqueadores e o tempo que as consultas ficaram bloqueadas. Esse modelo age quase em tempo real, pois o monitoramento da existência de bloqueios é frequente, e o DBA pode agir

com mais precisão e calma, analisando os agentes bloqueadores e os impactos.

Em contraste com o cenário inicial, após a implementação permitiu gerenciar as causas e projetar as soluções em futuras causas similares, enquanto inicialmente quando os incidentes eram detectados, os momentos *rollbacks* necessitavam de uma gama de recursos para a sua conclusão, tais como memória, *buffer* e tempo.

Durante todo o dia há bloqueios no banco de dados, pois a empresa é de plano de saúde suplementar, e as clínicas credenciadas fazem alterações nas bases constantemente, porém, tais bloqueios duram menos de um segundo, tanto que o alarme da existência de bloqueios não consegue colher os agentes, pois duram menos que o tempo de execução da consulta.

No caso de bloqueios mais sérios, as medidas cabíveis se tornam de fácil planejamento e execução. Tais resultados positivos validam a importância deste trabalho, onde antes havia um ambiente caótico na presença de interrupções, após a implementação se tornou capaz de haver planejamentos e execuções de medidas de contingência e mitigação.

IV. CONCLUSÕES

O presente trabalho propõe um modelo híbrido para gestão da continuidade e disponibilidade dos serviços do banco de dados de uma operadora de saúde suplementar, cujas atividades são constantes e dinâmicas, onde as rotinas não são totalmente previsíveis. Está em fase final de implementação, por tal motivo não sendo possível colher os indicadores necessários para a análise do fator de sucesso dos indicadores projetado. Acredita-se que tal modelo será capaz de gerenciar os momentos de interrupção dos serviços, e mitigar os possíveis bloqueios. A solução encontrada possibilita um melhor gerenciamento dos serviços do banco de dados, ideia do estudo.

O tema ainda poderá ser estudado, também futuras soluções serão possíveis a partir desse modelo ainda não utilizado em operadores de saúde suplementar, e planos de saúde no geral.

O modelo desenvolvido não é utilizável somente na área da saúde, mas em qualquer tipo de empresa que utiliza banco de dados. A aplicabilidade pode ser realizada tanto em bancos com alta dinamicidade, como grandes data centers ou empresas de grande porte (Amazon, e.g.), quanto em bancos com menores movimentações

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. S. Bianchi, *Gerenciamento de Serviços de TI: Desenvolvimento e Implantação de um Sistema de Informação para o CSE da UFSC*, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.
- [2] SOFTEX, "MPS.BR - Melhoria de Processo do Software Brasileiro: Guia de Implementação para o Nível C do MR-MPS-SV:2012," Softex, São Paulo, 2014.
- [3] V. Svata, "System View of Business Continuity Management," *Journal of Systems Integration*, pp. 19-35, 2013.
- [4] A. M. e. a. Barbosa, "Governança em TI: COBIT; ITIL," *Revista Científica Eletrônica de Administração*, vol. XI, n. 19.
- [5] C. Institute, "CMMI Institute," CMMI, 2014. [Online]. Available: <http://www.cmmiinstitute.com>. [Acesso em 2 Junho 2015].
- [6] S. Cots e M. Casadesús, "Implementing ISO 20000: Proposals from Learned Lessons," *TMQ - Techniques, Methodologies and Quality*, vol. IV, 2013.
- [7] R. E. S. C. Crisc, "Comparing COBIT 4.1 and COBIT 5," em *ISACA*, California, 2012.
- [8] S. E. I. SEI, "CMMI for Services - Improving Processes for Providing Better Services," Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2010.

Uma investigação sobre a situação da elicitação de requisitos não-funcionais

A survey about the situation of the elicitation of non-functional requirements

Andreia Silva, Placido Pinheiro e Adriano
Albuquerque

Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Fortaleza, Brasil
andrearsp@gmail.com, {placido,adriano}@unifor.br

Jonatas Barroso

Departamento de Computação
Universidade Federal do Ceará (UFC)
Fortaleza, Brasil
jonatasbarroso@gmail.com

Resumo — Embora os requisitos não-funcionais (RNF) sejam a base para a definição de uma arquitetura adequada ao contexto do software e possuam influência no tempo e custo do desenvolvimento, a elicitação desses requisitos ainda parece ser um problema para muitas organizações. O objetivo deste trabalho é identificar a situação atual das organizações quanto à elicitação dos RNF. Realizamos uma pesquisa com diversos profissionais, buscando informações sobre a elicitação de RNF em suas organizações. Contamos com a participação de diversos papéis envolvidos no desenvolvimento de software que relataram os motivos pelos quais esses requisitos muitas vezes não são elicitados.

Palavras Chave - requisitos não-funcionais; rnf; pesquisa; elicitação.

Abstract — Although non-functional requirements (NFR) are the basis for the definition of an appropriate architecture to the software context and have influence on the time and cost of development, elicitation of the requirements still seems to be a problem for many organizations. The objective of this study is to identify the current situation of the organizations as the NFR elicitation. We conducted a survey of many professionals seeking information about the elicitation of NFR in their organizations. There is the participation of several roles involved in the software development that reported the reasons why these requirements are often not elicited.

Keywords - non-functional requirements; nfr; survey; elicitation.

I. INTRODUÇÃO

Conhecer os requisitos não-funcionais (RNF) nas fases iniciais do desenvolvimento pode contribuir para melhorar as estimativas de tamanho, esforço e custo do projeto, e não menos importante, pode evitar retrabalho. De acordo com Boehm [1], sem um conjunto bem definido de RNF e o seu adequado cumprimento, projetos de software são vulneráveis ao fracasso. Além disso, erros provocados pelo tratamento inadequado ou pela falta de tratamento desses requisitos são apontados entre os mais caros e difíceis de corrigir [2].

Embora os requisitos não-funcionais sejam de grande importância para o desenvolvimento do software, tem havido um desequilíbrio entre a importância dedicada a esses requisitos. Os muitos métodos de desenvolvimento, apesar de incorporar os RNF na fase de requisitos, não apresentam detalhes de como tratá-los [3]. Este fato merece atenção, pois, conforme [4], especificar e caracterizar formalmente RNF é uma tarefa complexa.

Uma importante fonte de conhecimento e referência para elicitação de requisitos não-funcionais pode ser encontrada no padrão internacional ISO 25010 [5]. A norma descreve oito características de produto que definem a qualidade de software. Contudo, é importante ressaltar que o padrão estabelece as características de qualidade, mas não determina a forma como os requisitos devem ser elicitados e nem estabelece um padrão de escrita. Adicionalmente, alguns outros trabalhos têm sido desenvolvidos, visando apoiar o processo de elicitação de requisitos não-funcionais [1][2][3][4][6][7][8][9][10], mas a indústria parece ainda encontrar barreiras para o adequado tratamento desses requisitos.

As próximas seções apresentam conceitos e dificuldades relacionados com RNF, descrevem o planejamento e realização da pesquisa, apresentam os resultados obtidos no estudo assim como as limitações e trabalhos futuros.

II. REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS

Os requisitos não-funcionais são as restrições do sistema que podem ser aplicáveis ao produto de software, ao processo de desenvolvimento e à implantação. O termo requisito não-funcional é utilizado para definir o "quão bem" um software funciona. Já o requisito funcional incide sobre "o que" o software faz [11]. De acordo com [3], ao contrário dos requisitos funcionais (RF) que tratam das funcionalidades que um software deve fornecer, os RNF abordam comportamentos e restrições que devem ser atendidas pelo software.

Para [12], requisito não-funcional representa a descrição de uma propriedade ou característica que um sistema deve exibir ou uma restrição que deve respeitar. Já um atributo de

qualidade representa um tipo de RNF que descreve um serviço ou uma característica de desempenho de um produto.

Muitos trabalhos disponíveis na literatura têm abordado o tema sobre RNF. Contudo, ainda não foi estabelecida uma definição comum para o termo "Requisitos Não-Funcionais" [13][14]. Assim, é possível encontrar RNF nomeados como atributos de qualidade, características de qualidade, restrições, metas não-funcionais e objetivos, entre outros. Para o contexto deste trabalho foi adotada a expressão requisito não-funcional por tratar-se do termo mais conhecido na indústria e academia.

III. DIFICULDADES NA ELICITAÇÃO DESSES REQUISITOS

A elicitação de requisitos é uma das atividades mais críticas e que requer maior grau de conhecimento no processo de desenvolvimento de software. Por sua vez, a especificação e caracterização dos RNF é ainda mais difícil, pois estes requisitos podem variar em diferentes circunstâncias [4].

Por certo, o fato de não existir ainda um consenso sobre mecanismos e técnicas adequadas à elicitação dos RNF pode ser um dos motivos pelos quais esses requisitos dificilmente são elicitados e tratados de maneira adequada. Além disso, a negligência desses requisitos pode se dar em virtude de outros fatores, dentre os quais destacam-se:

- A grande diversidade de RNF [15][16];
- A natureza subjetiva desses requisitos [6][15][16][17];
- A relatividade, que faz com que a relevância e interpretação dependam do tipo de software [16][17];
- A possibilidade de conflitos entre os próprios RNF e com RF [3][15][16][17];
- A imprecisão na distinção entre RNF e RF [15][18];
- A falta de consciência dos analistas de sistemas quanto à importância desses requisitos [18];
- A falta de conhecimento do domínio do software que impossibilita a obtenção de RNFs adequados [18]; e
- Os clientes muitas vezes não estão cientes da necessidade desses requisitos ou ainda não conseguem explicitá-los [6][18].

Com o propósito de obter mais informações sobre a elicitação de RNF em organizações de desenvolvimento de software, foi realizada uma pesquisa com profissionais que desempenham diferentes papéis em diversas organizações. A metodologia e os resultados da pesquisa são apresentados e discutidos nas seções seguintes.

IV. MÉTODO DE PESQUISA

Survey é um sistema abrangente para a coleta de informações que tem como propósito descrever, comparar ou explicar conhecimentos, atitudes e comportamento, sendo, provavelmente, o método de pesquisa mais utilizado em todo o mundo [19]. Para o contexto deste trabalho, o processo de pesquisa executado incluiu: (i) composição de um questionário; (ii) validação do questionário por investigadores experientes; (iii) evolução do questionário com base na avaliação realizada; (iv) a aplicação de piloto para assegurar a aplicabilidade e

viabilidade do questionário; e (v) a realização de entrevistas com os profissionais por meio do questionário finalizado.

A. *Questão da Pesquisa*

Em síntese, os principais objetivos da pesquisa foram: obter uma visão geral do atual cenário relacionado à prática de elicitação de RNF e identificar os motivos pelos quais esses requisitos não são elicitados, na opinião dos profissionais envolvidos com o processo de desenvolvimento.

B. *Projeto*

Para o contexto deste estudo, idealmente gostaríamos de examinar um conjunto representativo de profissionais da indústria envolvidos no desenvolvimento de software. Optamos por não limitar a papéis específicos do desenvolvimento por entendermos que todos eles possuem alguma relação com RNF em suas atividades e por considerarmos importante obter a visão mais abrangente possível. Como o desenvolvimento de software é realizado por profissionais do mundo inteiro e não foi localizada nenhuma informação a respeito do tamanho dessa população, optamos por considerar um grupo de pessoas envolvidas em um fórum de discussão, no Brasil, sobre processos e métricas de software. Nesse fórum observamos que os profissionais envolvidos pertenciam a diversos tipos de empresa e representavam papéis distintos. Dessa forma, foram listados 211 candidatos, para os quais foi enviado por e-mail o link da pesquisa. Para obter uma melhor taxa de resposta foi programada uma mensagem de acompanhamento, enviada duas semanas após a solicitação inicial da pesquisa.

C. *O Formulário de Pesquisa*

A pesquisa foi administrada por meio dos serviços de formulário disponibilizado pelo Google que fornece uma plataforma flexível e gratuita para o desenvolvimento de pesquisas. A pesquisa foi composta de 4 (quatro) partes, contendo questões objetivas e subjetivas. Dessa forma, as questões de pesquisa contemplaram: (Parte 1) questões relacionadas à organização a qual o participante estava ligado; (Parte 2) questões relacionadas ao perfil do participante; (Parte 3) questões relacionadas à situação atual das organizações em relação à definição de RNF, bem como os motivos pelos quais os RNF não são definidos; e (Parte 4) questões para identificar as expectativas dos participantes quanto à disponibilização de um guia de apoio à elicitação de RNF.

Para assegurar que os objetivos da pesquisa poderiam ser satisfeitos o questionário foi avaliado por 4 (quatro) pesquisadores de engenharia de software. Diversas melhorias foram solicitadas e incorporadas à pesquisa; dentre elas, a definição do que representa uma boa definição de requisito. Em seguida, a pesquisa foi também aplicada como piloto em uma organização do setor público (governamental). Contudo, os dados dessa aplicação não foram considerados para análise desse estudo.

V. CONDUÇÃO DA PESQUISA

A. *Divergência do Protocolo*

O protocolo original previa a inclusão dos membros de uma lista de discussão que envolvia profissionais de diversas papéis de diversas empresas. Além dessa primeira lista, a pesquisa foi enviada também para um segundo grupo, formado por

profissionais diversos, obtido por intermédio da Universidade. Os participantes desse segundo grupo eram profissionais envolvidos nos programas de pós-graduação em Informática Aplicada. Adicionalmente, o convite para participação na pesquisa enviado aos profissionais solicitou também que os destinatários repassassem o convite a outros interessados.

Conseqüentemente, nosso estudo foi composto por diferentes formas de amostragem. O grupo originalmente selecionado, juntamente com as respostas da pesquisa oriundas da lista de e-mails fornecida pela universidade, caracteriza-se como uma amostra selecionada por conveniência. Todos os respondentes, ao replicarem o convite de participação da pesquisa, criaram uma amostra de bola de neve (snowball). O acesso à lista originalmente selecionada para envio da pesquisa permitiu distinguir os respondentes que foram consultados diretamente daqueles que receberam a pesquisa por intermédio de outros participantes.

B. Administração da Pesquisa

No início de julho de 2015, a pesquisa foi enviada aos participantes por e-mail e um lembrete, após 2 semanas, foi disparado para os profissionais que ainda não haviam respondido. Foram enviados 340 pedidos e, dentre esses, 38 foram devolvidos devido a endereços inválidos ou notificações de afastamento. No total, 100 participantes responderam a pesquisa entre os meses de julho e agosto de 2015. Além disso, 2 respostas foram descartadas, pois os participantes responderam as questões subjetivas com caracteres especiais que não traduziam nenhum texto. Assim, o total de respostas aceitas foi 98. A Tabela I mostra como as respostas foram distribuídas entre os três grupos de respondentes: grupo 1, que inclui os profissionais da lista originalmente selecionada no planejamento da pesquisa; grupo 2, que inclui os profissionais da lista de e-mails disponibilizada pela Universidade; e, snowball, que corresponde aos participantes que responderam a pesquisa por meio do convite de outros participantes.

TABLE I. PARTICIPAÇÃO DOS GRUPOS NA PESQUISA

Participantes	Grupo 1	Grupo 2	Snowball
Pesquisas enviadas	201	139	Desconhecido
Retorno por erro	32	6	Desconhecido
Pesquisas respondidas	11	42	47
Pesquisas descartadas	0	2	0
Total de pesquisas válidas	11	40	47

Considerando que 38 solicitações de participação na pesquisa foram removidas do conjunto por não terem sido recebidas pelos participantes, podemos concluir que a taxa de resposta obtida para os grupos de e-mail (Grupo 1 e Grupo 2) foi de 53/302, ou seja, aproximadamente 17.6%. Por outro lado, não é possível saber quantos pedidos foram enviados para os outros participantes a partir dos participantes convidados. Mas, descartando-se os convites retornados por endereços inválidos ou notificação de afastamento e adicionando as respostas obtidas por meio da amostragem snowball podemos chegar a uma taxa de resposta da pesquisa como um todo

correspondente a $(53+47)/(302+47)$, ou seja, aproximadamente 28.7%.

VI. RESULTADOS

A. Perfil das Organizações Representadas

Cerca de 65% dos participantes da pesquisa atuam em organizações públicas que possuem mais de 100 empregados. Destes participantes, 95% trabalham em organizações que atuam há mais de 9 anos. Considerando o tipo de serviço prestado, a maior parte das organizações representadas na pesquisa atuam como fábricas de software. Outra boa parcela corresponde a empresas que não possuem tecnologia da informação (TI) como atividade finalística, atendendo essencialmente demandas de software interna. Apenas uma pequena parte dos participantes atuam em empresas de produto, ou seja, aquelas que comercializam software de prateleira.

B. Perfil dos Participantes

Como citado anteriormente, buscou-se conhecer a opinião de profissionais que atuam nas diversas fases do ciclo de desenvolvimento do software, além de pesquisadores de engenharia de software. Com o intuito de obter uma visão geral do perfil dos profissionais que participaram da pesquisa, esses foram agrupados de acordo com os papéis que desempenham nas organizações e contabilizado seus níveis de escolaridade (Tabela II) e tempo de experiência com tecnologia da informação (Tabela III).

VII. QUANTO À DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS

A questão de pesquisa que buscou identificar a atual situação das organizações em relação à definição dos requisitos não-funcionais obteve resultados interessantes. Cerca de 69.4% dos participantes afirmaram que os RNF costumam ser elicitados nas empresas em que atuam. Contudo, apenas 11.8% desses profissionais consideram que a definição dos RNF é boa, enquanto 67.6% a classificam como razoável e 20.6% consideram ruim a definição desses requisitos.

TABLE II. NÍVEL DE FORMAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Função	SI	SC	E	M	D	Total
Analista de Negócios	0	1	2	3	1	7.1%
Analista de Qualidade	0	0	1	1	0	2.0%
Analista de Sistemas	0	13	20	10	0	43.9%
Analista de Testes	0	3	3	1	0	7.1%
Arquiteto	0	3	1	1	0	5.1%
Desenvolvedor	1	4	5	4	0	14.3%
Gerente de Projetos	0	1	7	9	0	17.4%
Pesquisador	0	0	0	1	2	3.1%
Total (%)	1.0	25.5	39.8	30.6	3.1	100%

SI: Superior Incompleto; SC: Superior Completo; E: Especialização; M: Mestrado; D: Doutorado.

TABLE III. NÍVEL DE EXPERIÊNCIA DOS PARTICIPANTES

Função	< 3 anos	3 a 5 anos	6 a 9 anos	> 9 anos
Analista de Negócios	0	0	5	2
Analista de Qualidade	0	0	2	0
Analista de Sistemas	2	8	6	27
Analista de Testes	0	1	2	4
Arquiteto	0	1	4	0
Desenvolvedor	0	3	2	9
Gerente de Projetos	0	0	4	13
Pesquisador	0	1	0	2
Total	2.0%	14.3%	25.5%	58.2%

Por outro lado, 30.6% dos participantes relataram que em suas empresas os RNF não são, costumeiramente, elicitados. Para esses profissionais, conforme apresentado na Tabela IV, os principais motivos para essa falta de definição são: falta de conhecimento das equipes, ausência de solicitação desses requisitos pelo cliente e falta de capacidade (técnica/financeira) da organização para atender a requisitos não-funcionais. Além das opções disponíveis no formulário da pesquisa, foram informados pelos participantes os seguintes motivos para não elicitação dos RNF nas empresas em que atuam: (i) o aumento do custo do produto provocado pela definição dos RNF; (ii) o fato de os RNF serem definidos de acordo com a tecnologia em uso; (iii) a ausência de um método ou padrão na cultura organizacional; e (iv) a imaturidade da empresa em perceber a importância dessa definição.

Sob outra perspectiva, ao compararmos a opinião dos profissionais que, em geral, possuem maior contato com o cliente com a opinião daqueles que trabalham mais internamente, foi possível perceber que não existe diferença significativa em relação à definição dos RNF na visão desses dois grupos de profissionais. Ainda sobre a definição de requisitos não-funcionais, também é possível perceber que não há grandes diferenças, em termos percentuais, na opinião dos participantes de cada tipo de organização.

A. Disponibilização de um Guia de Elicitação de Requisitos Não-Funcionais

A pesquisa também procurou avaliar a necessidade de um guia para apoiar a elicitação de RNF. Cerca de 90% dos participantes afirmaram que um guia seria útil para prover apoio à atividade de identificação dos requisitos não-funcionais. Apenas 2% dos participantes declararam que o guia não seria útil e 8% não souberam opinar. Do total de profissionais que afirmaram que o guia de apoio à elicitação seria útil, mais da metade registrou sugestões para o conteúdo desse guia. Do total de comentários, 18 foram descartados pois não ficou clara a intenção do participante, não sendo possível extrair informações para categorização. Finalmente, 29 sugestões foram agrupadas em categorias para facilitar a análise, conforme apresentado na Tabela V.

TABLE IV. MOTIVOS PARA NÃO DEFINIR OS REQUISITOS

Motivo para Não Definir RNF	Quantidade
Falta de conhecimento das equipes	17
Não solicitado pelo cliente	17
Falta de capacidade da organização	11
Sem importância para o cliente	8
Outros	4
Total	57

TABLE V. SUGESTÕES PARA O CONTEÚDO DO GUIA

Conteúdo do guia para definição de RNF	Percentual
Exemplos	25.8%
Modelos, Questionários e Templates	24.2%
Conceitos	19.7%
Verificação de Atendimento	6.1%
Métricas	4.5%
Técnicas de Elicitação	4.5%
Recomendação de Aplicabilidade	4.5%
Conflitos e Impactos	3.0%
Grau de Importância	3.0%
Obrigatoriedade	1.5%
Processo de Elicitação	1.5%
Ferramentas de Apoio	1.5%
Total	100%

VIII. DISCUSSÃO

Esta seção apresenta possíveis ameaças à validade dos nossos resultados e as implicações dos resultados desse trabalho para a pesquisa, prática e ensino.

A. Ameaças à Validade

Na realização de uma pesquisa, alguns fatores precisam ser observados com o intuito de evitar possíveis vieses, dentre os quais podemos citar: o instrumento da pesquisa, a forma como a pesquisa é administrada e o processo de análise dos dados coletados. Para viabilizar a avaliação de validade do conteúdo, 4 (quatro) pesquisadores de engenharia de software foram convidados para avaliar o questionário da pesquisa. Todos os problemas identificados durante a avaliação foram devidamente tratados.

Com relação à validade interna, buscou-se reduzir a probabilidade de vieses decorrentes das questões subjetivas tomando alguns cuidados como: estabelecer a definição do que é considerado bom, razoável ou ruim. Para evitar respostas descomprometidas optou-se por descartar as respostas daqueles que preencheram a pesquisa de forma incompleta e sem clareza. Finalmente, na busca por desenvolver um questionário simples, o tempo de resposta da pesquisa foi um dos quesitos

avaliados no piloto a fim de que o tempo de resposta não fosse superior a quinze minutos.

Sobre a validade externa da pesquisa, que determina a capacidade de generalização dos resultados obtidos com a amostra da pesquisa em relação à população em geral, deve-se ressaltar que, embora a aplicação da pesquisa tenha buscado ser abrangente e tenha obtido respostas de participantes de diferentes organizações e localidades do Brasil, da indústria e da academia, ainda não é possível generalizar os resultados para diferentes contextos, sendo necessárias pesquisas adicionais aplicadas, por exemplo, em outros países.

Com relação ao risco da análise afetar a validade dos resultados, uma ameaça potencial está relacionada a codificação dos dados apresentados na Tabela V. Para diminuir a probabilidade desse risco, nós descartamos os comentários que não deixavam claras as sugestões e aqueles que não apresentavam informações relevantes. Por exemplo, alguns participantes apenas citaram em seus comentários características de qualidade tais como usabilidade, desempenho e segurança.

B. Observações da Pesquisa

Por meio desse estudo, foi possível perceber que apesar da tentativa de elicitar RNF, a qualidade da definição desses requisitos não tem sido satisfatória do ponto de vista dos profissionais envolvidos no desenvolvimento de software. Além disso, como foi mostrado na Tabela IV, muitas questões precisam ser trabalhadas para que as organizações reconheçam a importância desse processo e que ele se torne mais amigável para aqueles que são peças fundamentais: equipe técnica e cliente. A Tabela V, apresenta uma série de recomendações, extraídas a partir da opinião dos participantes, que, se trabalhadas, podem auxiliar o processo de elicitação de RNF. Finalmente, esse trabalho deixou em aberto alguns questionamentos. Se atualmente as organizações definem RNF de forma insuficiente, como o impacto gerado por esses requisitos é medido e tratado durante o desenvolvimento dos softwares? Como o cliente está sendo envolvido nesse processo? Se os RNF impactam no tempo e custo dos projetos, é importante que o envolvimento dos clientes também seja uma premissa desse processo. Além disso, como as pesquisas voltadas para RNF estão tratando essas limitações e como as disciplinas de engenharia de software preparam os alunos para enfrentar esses desafios? São questões que precisam de estudos mais aprofundados.

IX. LIÇÕES APRENDIDAS

Realizar uma pesquisa não é uma atividade trivial e, ao contrário de um experimento, muitas vezes não é possível repeti-la, principalmente em um domínio como o da engenharia de software em que é difícil obter participantes. Dessa forma, algumas lições aprendidas com a realização desse estudo, são listadas a seguir: (i) uma pergunta para identificar como as empresas estão fazendo para embutir o custo e esforço dos RNF seria útil para o contexto desse estudo; (ii) questionar como o cliente reage aos atrasos e aumentos de custo gerados por requisitos que, muitas vezes, não são conhecidos por eles; (iii) poderíamos ter enviado a pesquisa para os autores de

trabalhos relacionados à elicitação de RNF para obter a opinião dos estudiosos da área.

X. CONCLUSÃO

A experiência com o desenvolvimento de software na indústria vem mostrando que os requisitos não-funcionais são fatores críticos para o sucesso dos projetos. Esses requisitos, antes vistos como secundários, têm ganhado força na busca por soluções para problemas recorrentes, como: estimativas ruins, alto índice de retrabalho, decisões arquiteturais inadequadas, prazo e custo dos projetos acima do esperado, insatisfação dos clientes, entre outros.

Este estudo apresentou a situação das organizações em relação à definição dos RNF, assim como os principais motivos pelos quais esses requisitos, em muitos casos, não são tratados. A principal contribuição deste trabalho resulta de um conjunto de questões que podem auxiliar a construção de um mecanismo de apoio à elicitação de RNF, obtidas por meio dos profissionais que estão diretamente envolvidos com o desenvolvimento de software e, conseqüentemente, com esses requisitos. Com isso, um processo para criação de um guia de elicitação de RNF foi desenvolvido e está sendo experimentado, conforme apresentado em [20].

Finalmente, é importante ressaltar que, em virtude de não utilizarmos uma amostragem probabilística, os resultados desta pesquisa não podem ser generalizados. Contudo, este fato não invalida a importância dos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo Grant #475239/2012-1. O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo Grant #475239/2012-1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] B. Boehm, and H. In, "Identifying quality-requirement conflicts," *IEEE Softw*, vol. 13, issue 2, pp. 25-35, March 1996.
- [2] L. M. Cysneiros, and J. C. S. P. Leite, "Nonfunctional requirements: from elicitation to conceptual models," in *Software Engineering*, *IEEE Transactions on*, vol. 30, no. 5, pp. 328-350, May 2004.
- [3] L. M. Cysneiros, and J. C. S. P. Leite, "Defining non-functional requirements," "Definindo requisitos não funcionais," in *XI Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, pp. 49-64, October 1997.
- [4] L. M. Cysneiros, and E. Yu, "Non-functional requirements elicitation," in *Perspectives on Software Requirements*, Springer (International Series in Engineering and Computer Science), vol. 753, pp. 115-138, 2004.
- [5] ISO/IEC 25010:2011 - Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2016.
- [6] M. Galster, and E. Bucherer, "A taxonomy for identifying and specifying non-functional Requirements in Service-Oriented Development," in *Services - Part I*, *IEEE Congress on*, pp. 345-352, July 2008.
- [7] R. Mijanur, and S. Ripon, "Elicitation and modeling non-functional requirements - a pos case study," in *International Journal of Future Computer and Communication*, vol. 2, no. 5, pp. 485-489, 2013.
- [8] L. Chung, B. A. Nixon, E. Yu, and J. Mylopoulos, *Non-functional requirements in software engineering*, Kluwer Academic Publishing, 1999.

- [9] T. H. A. Balushi, P. R. F. Sampaio, D. Dabhi, and P. Loucopoulos, "ElicitO: a quality ontology-guided NFR elicitation tool," in 13th International Working Conference, REFSQ 2007, vol. 4542, pp. 306-319, June 2007.
- [10] J. Cleland-Huang, R. Settimi, X. Zou, and P. Solc, "Automated classification of non-functional requirements," in Requirements Engineering, vol. 12, issue 2, pp. 103-120, April 2007.
- [11] B. Paech, and D. Kerkow, "Non-functional requirements engineering - quality is essential," in Requirements Engineering: Foundation for Software Quality, 10th Anniversary International Workshop on, REFSQ 2004, pp. 237-250, 2004.
- [12] K. Wieggers, and J. Beatty, "Software requirements," in Microsoft Press, 2013.
- [13] K. D. Blaine, and J. Cleland-Huang, "Software quality requirements: how to balance competing priorities," in IEEE Software, vol. 25, pp. 22-24, 2008.
- [14] M. Glinz, "On non-functional requirements", in 15th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE 2007), pp. 21-26, 2007.
- [15] J. M. S. Neto, J. C. S. Leite, and L. M. Cysneiros, "Non-functional requirements for object-oriented modeling," in III Requirements Engineering Workshop (WER), pp 109-125, 2000.
- [16] L. Chung, and J. C. S. P. Leite, "On non-functional requirements in software engineering," in Conceptual Modeling: Foundations and Applications, Springer (Lecture Notes in Computer Science), vol. 5600, pp. 363-379, 2009.
- [17] D. L. G. Bombonatti, "PARNAPOA: a aspect-oriented process of non-functional requirements analysis," "PARNAFOA: um processo de análise de requisitos não-funcionais orientado a aspectos," PhD Thesis, University of São Paulo (USP), 2010.
- [18] M. M. Rahman, and S. Ripon, "Elicitation and modeling non-functional requirements - a pos case study," International Journal of Future Computer and Communication, vol. 2, no. 5, pp. 485-489, 2013.
- [19] S. L. Pfleeger, and B. A. Kitchenham, "Principles of survey research: part 1: turning lemons into lemonade," in SIGSOFT Softw. Eng. Notes, vol. 26, issue 6, pp. 16-18, November 2001.
- [20] A. Silva, P. Pinheiro, A. Albuquerque, and J. Barroso, "A process for creating the elicitation guide of non-functional requirements," in 5th Computer Science On-line Conference, 2016, in press.

MemoBoard Familiar: Calendário Colaborativo

Family MemoBoard: Collaborative Calendar

António Fernandes

EEUM/DSI – Escola de Engenharia da
Universidade do Minho, Departamento
de Sistemas de Informação
Guimarães, Portugal
a62853@alumni.uminho.pt

Luís Paulo Reis

EEUM/DSI – Escola de Engenharia da
Universidade do Minho, Departamento
de Sistemas de Informação
LIACC – Laboratório de Inteligência
Artificial e Ciência de Computadores
Guimarães e Porto, Portugal
lpreis@dsi.uminho.pt

Brígida Mónica Faria

PP/ESTSP – Politécnico do Porto/
Escola Superior de Tecnologia de
Saúde do Porto
LIACC – Lab. De Inteligência
Artificial e Ciência de Computadores
Porto, Portugal
btf@estsp.ipp.pt

Resumo — Os calendários são diariamente utilizados por quem tem uma vida social ativa, quer seja profissional ou pessoal. Embora o calendário tenda a ter uma conotação pessoal, são muitas as famílias que o usam como a melhor forma de gerir as suas atividades e organizar o tempo de família partilhando por todos o mesmo calendário. Conciliar todos os eventos num único local partilhado, sem comprometimento da privacidade de cada um, torna-se uma tarefa difícil. Uma opção será utilizar um segundo calendário onde coloca os eventos que não devem ser partilhados no seio familiar. No entanto esta solução torna-se morosa na consulta de todos os eventos. Assim sendo, a solução proposta é a criação de um calendário com três tipos de exposição de dados nos calendários, de forma a garantir que se possa usar um único sem comprometer a privacidade de cada elemento. Foi criada uma plataforma web com um calendário e tarefas com suporte a estes três tipos de exposição, e testado por famílias no seu dia-a-dia durante um período de tempo. Das respostas obtidas, o calendário é um excelente auxiliar de memória já que mais de 80% o usam com esse intuito. Os resultados obtidos permitiram verificar as necessidades que um utilizador tem quando utiliza um calendário, bem como a apetência para o usar em família.

Palavras Chave – *Calendário; Colaborativo; Gestão de Tempo; Privacidade; Segurança.*

Abstract — Calendars are used daily by those who have an active social life, whether professional or personal. Although the calendar tends to have a personal connotation, there are many families who use it as the best way to manage their activities and organize family time, sharing by all the same calendar. Reconcile all events in one place shared without privacy commitment of each one, it becomes a difficult task. One option is to use a second calendar that puts the events that should not be shared within the family. However, this solution becomes slow for all events consultation. Thus, the proposed solution is the creation of a calendar, with three types of data display, to ensure that one can use it without compromising the privacy of each element. A web platform with a calendar and tasks to support these three types of exhibition was created and tested by families in their day to day over a period of time. The responses allowed to conclude that a calendar is a great memory aid as more than 80% use it to this end. The results obtained showed the needs that a user has when using a calendar as well as the willingness to use it in the family.

Keywords - *Calendar; Collaborative; Time Management; Privacy; Safety.*

I. INTRODUÇÃO

Num mundo cada vez mais rápido, gerir o tempo de cada atividade não é tarefa fácil nos dias de hoje. Para se conseguir fazer essa gestão com alguma segurança, recorre-se muitas vezes a ferramentas tecnológicas [1] que facilitem a distribuição do tempo disponível por cada uma das atividades recorrendo a várias técnicas [2] [3] [4] [5] [6]. Das ferramentas conhecidas, o calendário é a que tem o papel principal. Por poder ser usado em modo pessoal, mas também em ambientes colaborativos como equipas, grupos ou empresas, o calendário tornou-se a ferramenta eleita não só pela sua versatilidade mas também pela facilidade de uso. Não é de estranhar por isso que cada utilizador use mais do que um para poder responder às suas necessidades [7]. Mas associada a esta facilidade de posse, está implícita a falta de privacidade que poderá existir, se no mesmo calendário partilhado existirem atividades que tenham grau de exposição de dados diferentes para um mesmo utilizador, ou uma atividade tiver grau de exposição diferente consoante o utilizador. Como está empiricamente aceite que a exposição da informação de um evento deve ser privada ou pública, em muitas situações o utilizador não consegue definir a privacidade real que pretende. Com o intuito de minimizar a necessidade de usar mais do que um calendário e poder-se definir a privacidade que se pretende em cada atividade para cada utilizador, sugere-se que se criem três tipos de exposição de dados em calendários partilhados/colaborativos. Estes três tipos (privado, protegido e público) proporcionam ao utilizador um maior controlo à forma como terceiros vêm e/ou alteram os eventos, facilitando assim o uso de um único calendário para a gestão de todos os eventos. Para confirmar a teoria, elaborou-se um protótipo em que se pode usar os três tipos de exposição de dados. Este protótipo teve como base os insights de um primeiro inquérito sobre o uso deste tipo de ferramentas e foi usado por duas famílias durante um período de tempo findo qual se voltou a inquirir sobre sua utilização. Neste documento apresentam-se os resultados desses inquéritos bem como uma análise a cada um deles. Este artigo encontra-se organizado com seis secções, sendo a primeira esta introdução. A segunda secção introduz o conceito do calendário como ferramenta de gestão de tempo, onde as questões de privacidade segurança são abordadas. Nesta secção é também apresentado um caso prático de utilização de calendários por parte de famílias. Na

quinta secção é apresentada a metodologia. Em seguida os resultados, conclusões e trabalho futuro.

II. CALENDÁRIO COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DE TEMPO

A capacidade de memorizar depende de cada um, mas por muito grande que seja tem um limite. Este limite obriga a que memórias menos relevantes sejam esquecidas, para que no seu lugar sejam registadas novas [8]. Mas o que é menos relevante num determinado momento pode ser de extrema importância noutro, não existindo uma fórmula que se possa aplicar em cada caso. Para que não se perca nenhuma informação útil, recorre-se a auxiliares de memória, que nas suas mais variadas formas permitem preservar no tempo essas informações.

Independentemente do formato ou suporte, o calendário tem sido o auxiliar mais usado como registo permanente dos eventos. Embora o suporte digital seja aparentemente aquele que tem maior uso, a verdade é que existe muita gente que vê no papel a melhor forma de preservar no tempo os seus eventos. Quer seja pela simplicidade de uso, quer pela facilidade de adaptação às necessidades específicas, o papel apresenta-se como a melhor solução para uma boa faixa de utilizadores que usam o calendário como ferramenta de apoio à memorização das suas atividades diárias [9] [7]. A principal adversidade que se encontra neste formato, é a impossibilidade de poder estar em mais do que um lugar ao mesmo tempo, e por isso o seu uso em ambientes colaborativos é menos expressivo [1]. Por seu lado, o calendário digital, permite uma maior flexibilidade no acesso, podendo ser usado em mais do que um dispositivo ao mesmo tempo [10], e por isso o mais adequado ao uso colaborativo. Seja por partilha de eventos ou colaboração num único calendário, as equipas e seus congéneres adotaram o calendário digital como extensão à sua gestão de projetos/atividades sendo usado diariamente pelos elementos que constituem o agregado. A principal contrariedade que é apresentada por Neustaedter ao uso do calendário digital são os formatos *standards* que não permitem muita flexibilidade de adaptação às necessidades específicas [1]. As famílias são um caso específico de agregado, pois têm necessidades próprias. Enquanto um evento de equipa que não possa ocorrer na data e hora marcada por norma é adiado, numa família os eventos tendem a ser realocados pois têm de acontecer independentemente da disponibilidade que se tenha. Por exemplo, se o pai ficou de ir buscar o filho à escola e não o pode fazer, esta incumbência terá de passar para outro membro familiar, pois o filho não pode ficar à espera indefinidamente. Como esta outras situações são muito específicas do agregado familiar e por isso devem ser ressalvadas quando se pensa em desenvolver uma aplicação do tipo calendário.

A. Privacidade e Segurança

A privacidade e segurança são dois conceitos importantes no contexto dos calendários partilhados e/ou colaborativos, porque um calendário pode conter informações suscetíveis de serem usadas indevidamente por faltar um ou os dois conceitos e por isso é uma preocupação dos utilizadores [11]. Por isso, contextualiza-se o seu relacionamento com o uso dos

calendários nas suas variantes. Lembra-se também que praticamente todos os calendários existentes oferecem duas modalidades de exposição dos eventos, privado e público. É através da atribuição de uma destas exposições a um evento em conjunto com a forma como o calendário foi partilhado que se consegue ter a privacidade e segurança desejadas.

A privacidade neste contexto deve ser entendida como informação que não está visível a olhares alheios, ou seja, só quem a deve ver o poderá fazer e os restantes utilizadores apenas sabem da sua existência ou numa forma mais apertada de privacidade nem isso sabem. Com a segurança pretende-se dizer que só quem de direito pode alterar a informação e mais ninguém, embora terceiros possam ver essas informações dependendo do contexto. Existem duas formas de se ter um calendário digital, isolado ou partilhado, cada uma delas com possibilidade de colaboração ou não. Um calendário isolado não colaborativo pertence a um utilizador e somente esse utilizador tem acesso a ele. Neste caso, não existem preocupações acrescidas no que diz respeito à privacidade da informação, para além das boas práticas de utilização. Da mesma forma a segurança é garantida por existir uma palavra passe que é usada por um único utilizador.

Um calendário isolado colaborativo não pertence a um único utilizador mas a vários e todos eles podem ver, criar e alterar eventos. Se esta colaboração for por intermédio da partilha do mesmo login por todos, qualquer utilizador pode alterar os eventos de outro não existindo por isso qualquer segurança quanto à informação. A privacidade não existe de todo pois todos vêm as informações contidas neste tipo de calendários. Este cenário não se apresenta como uma solução a quem procura alguma proteção das suas informações. Se por sua vez cada utilizador puder usar um login diferente para aceder ao mesmo calendário, pode-se conseguir segurança e privacidade, mas embora tecnologicamente seja possível, esta solução não está disponível nos principais players de soluções nesta área e por isso não se considera. Num calendário partilhado não colaborativo, cada utilizador partilha o seu calendário com outros e só o utilizador que criou o evento o pode alterar embora este possa ser visto por quem se partilhou. Neste cenário a partilha é feita para que terceiros possam ver eventos mas não podem alterar nenhuma informação contida nesse evento. Pode-se por isso dizer que existe segurança e privacidade porque só os eventos “públicos” podem ser vistos por terceiros. Em calendários partilhados colaborativos, cada utilizador partilha o seu calendário com outros mas pode alterar informações de outro se este o partilhar com essa permissão, o mesmo acontecendo com a vista das informações. Neste cenário existe segurança porque só os eventos partilhados com permissão de escrita podem ser alterados e também existe privacidade porque eventos que não se queira dar a conhecer não se partilham (Tabela I).

TABELA I. VALORES DA MATRIZ DA EXPOSIÇÃO DE DADOS COM PRIVADO E PÚBLICO

Tipo	Formato	Exposição do Evento	Privacidade	Segurança
		Privado	Sim	Sim
Isolado	Não	Público	Sim	Sim
	Colaborativo	Público	Sim	Sim

	Colaborativo	Privado	Não	Não
		Público	Não	Não
Partilhado	Não	Privado	Sim	Sim
		Colaborativo	Público	Não	Sim
	Colaborativo	Privado	Sim	Sim
		Público	Não	Não

B. Caso prático familiar: prenda para filho

Como já referido anteriormente, um calendário familiar deve ter algumas particularidades devido às especificidades familiares. Das 4 formas anteriormente descritas de conviver com um calendário, só 2 se adequam ao ambiente familiar que são aquelas que permitem ter privacidade e segurança ao mesmo tempo com calendários partilhados. A escolha de um ou outro modelo varia com a necessidade de existir ou não colaboração. Se a família for adepta de um controlo mais apertado optará por não ter colaboração, não deixando que um utilizador que não criou o evento o não possa alterar. Se por sua vez for uma família mais liberal no que concerne à segurança, então optará por um calendário partilhado colaborativo onde qualquer elemento pode alterar um evento se lhe for concedida permissão para isso. Em ambos os casos, existem situações que não se conseguem satisfazer no ambiente familiar. Se por exemplo uma família constituída por 3 elementos, pai, mãe e filho tiverem cada um, um calendário partilhado com os restantes membros da família, e se pretender marcar um evento entre pai e mãe sem que o filho saiba não se consegue fazer. Vejamos, se a mãe criar um evento para se lembrar de comprar a prenda para o aniversário do filho e colocar esse evento como privado, é verdade que o filho não vai saber do evento mas o pai também não o irá conseguir ver. Se por sua vez o evento for público o pai saberá do evento mas o filho também saberá. Neste cenário torna-se crítica a criação do evento pois não é uma situação muito usual em calendários partilhados em equipa. Existem alguns calendários que oferecem a possibilidade de se ultrapassar esta situação, mas exige maior conhecimento sobre a aplicação que se usa, o que prejudica utilizadores menos experientes. No entanto esta situação seria muito facilmente ultrapassada se em vez de existirem só dois tipos de exposição de informação nos eventos existissem três, privado, protegido e público. Com três tipos de exposição de eventos consegue-se com o mínimo de esforço controlar bem o que cada um vê em calendários partilhados e o que cada um pode alterar quando se tratam de calendários colaborativos. Seguidamente descreve-se em teoria o conceito.

III. DEFINIÇÃO DOS 3 TIPOS DE EXPOSIÇÃO DE INFORMAÇÃO

Para que seja possível uma real definição de privacidade e segurança num evento, quando o calendário é partilhado em colaboração ou não, sugere-se que existam três tipos de exposição de informação e não dois como genericamente aceite e usado na maioria dos calendários existentes no momento. Os três tipos são privado, protegido e público e teriam as seguintes características base por omissão. **Privado** - Com este tipo de exposição, só o membro que criou o evento o consegue ver/editar e nenhum outro sabe da sua existência.

Esta exposição destina-se a eventos pessoais, quer sejam familiares, profissionais ou outros, e que não se queira que ninguém saiba da sua existência. Quando alguém é convidado para um evento com esta exposição, consegue ver todos os detalhes mas não os pode alterar. **Protegido** - Esta exposição permite duas situações: Os membros convidados para o evento podem ver as informações mas não as podem alterar; Para os membros que não foram convidados a participar no evento, a informação não é visível tendo apenas a perceção da ocupação de tempo programada. Esta exposição permite que quem colabora no calendário tenha conhecimento da ocupação de cada um, mas sem saber concretamente os detalhes dos compromissos. Com esta exposição consegue-se que eventos que precisam de ter os detalhes invisíveis para alguém, se possa saber da sua ocupação. Adequa-se a equipas de trabalho que tenham de saber os tempos ocupados de cada um, possam programar as suas tarefas sem conhecerem o que cada um vai fazer nesses períodos de tempo. **Público** - Todos os membros que tenham acesso ao calendário vêem os detalhes do evento nesta exposição, mas só quem o criou pode alterar essa informação. Estas definições base são aplicadas quando um calendário é partilhado em modo “privado”. Para calendários partilhados em modo “público” um convidado de um evento deve poder alterar as suas informações independentemente de ser o seu autor ou não. Expondo na Tabela II as definições acima descritas.

TABELA II. EXPOSIÇÃO DE DADOS COM PRIVADO, PROTEGIDO E PÚBLICO

Tipo	Formato	Exposição do Evento	Privacidade	Segurança
Isolado	Não Colaborativo	Privado	Sim	Sim
		Protegido	Sim	Sim
		Público	Sim	Sim
	Colaborativo	Privado	Sim	Sim
		Protegido	Sim	Sim
		Público	Não	Sim
Partilhado	Não Colaborativo	Privado	Sim	Sim
		Protegido	Sim	Sim
		Público	Não	Sim
	Colaborativo	Privado	Sim	Sim
		Protegido	Sim	Sim
		Público	Não	Sim

Para transpor para esta proposta de exposição de informação dos eventos o caso familiar acima descrito, a mãe pode colocar o evento como privado e convidar o pai para o mesmo, para que saiba da sua existência. Nestas circunstâncias o filho ao não fazer parte da lista de convidados não saberá que o evento existe ou colocar o evento como protegido para que o filho saiba que os pais têm um evento programado naquele período de tempo mas não vai saber o quê. Quer seja em termos familiares ou profissionais, os três tipos de exposição de dados garantem um maior leque de situações que seriam mais difíceis de conseguir só com dois.

IV. METODOLOGIA

A metodologia seguida neste trabalho envolveu uma primeira fase com a aplicação de um inquérito para levantamento de necessidades. Em seguida foi desenvolvido o

protótipo numa plataforma web e numa fase final a aplicação de um questionário final para avaliação da plataforma.

A. Inquérito inicial

Com o fim de elaborar um protótipo que explorasse a proposta dos três tipos de exposição de informações, fez-se um inquérito que permitisse criar insights sobre costumes e uso dos calendários em geral e familiares em particular. O inquérito foi elaborado seguindo as indicações de Walonick [12] e constituído por 17 perguntas base, mais algumas para verificar o tempo usado para consulta desses calendários e dispositivos onde fizeram as consultas. No fim verificou-se a apetência para o uso de calendários familiares e recolheu-se ideias para elaborar um calendário familiar. Uma hiperligação foi distribuída por correio eletrónico, onde permitia que os interessados pudessem responder às perguntas. Como resultado obteve-se 260 respostas que permitiram criar uma base de trabalho para a elaboração do protótipo que se pretendia fazer com vista a testar a teoria da proposta.

B. Protótipo

O protótipo assentou numa plataforma web com base php e que permitiu usar não dois mas sim três tipos de exposição de dados nos eventos. Foi direcionada para o ambiente familiar por ser mais facilmente testada e para que as situações específicas do agregado familiar pudessem ser elas colocadas como desafios à teoria. Assim durante um mês, duas famílias com um total de 7 elementos testaram a plataforma usando-a no seu dia-a-dia para todos os fins. Por trás deste desafio estava patente que um único calendário deveria responder a todas as situações, permitindo que cada utilizador tivesse um único calendário em todas as circunstâncias da sua vida social e profissional. Para isso cada utilizador tinha um login para acesso ao calendário que pela sua natureza familiar estava à partida “partilhado” com todos os membros do agregado familiar. Para que a segurança não fosse posta em causa, só o autor do evento o poderia alterar e como privacidade seguiu-se os princípios acima descritos para os três tipos de exposição de informação nos eventos. Após a conclusão do teste, cada membro respondeu a um inquérito que permitisse verificar numa primeira instância se o conceito das exposições de eventos solucionam os problemas reais e quais as dificuldades encontradas na sua utilização.

C. Inquérito Final

Para o inquérito final, usou-se a escala de Likert [13] na maioria das perguntas. Este inquérito destinou-se a verificar se a proposta feita resolvia todas as situações encontradas pelas famílias sem descorar a privacidade e segurança em cada evento e a possibilidade de usar apenas um calendário onde coabitam as informações pessoais e familiares. Dividiu-se o questionário em 4 grupos para uma maior perceção dos resultados: Assimilação que permitiu verificar se os utilizadores assimilaram os conceitos principais. É importante que o utilizador saiba por que razão estava a testar o calendário e isso só acontecia se souber o que envolve essa utilização. As 3 primeiras questões dão resposta a este grupo; Confiança que mesmo estando assimilados os conceitos, o utilizador pode

ficar reticente ao seu uso por falta de confiança do que está a fazer. Este grupo de 3 perguntas permitiu verificar se o utilizador se sentiram confiantes com o que fizeram; Avaliação sendo crucial porque é com ele que se verifica a confirmação ou não da proposta desta dissertação. Foram elaboradas 5 questões neste grupo; Satisfação, grupo de 4 questões, que pretendeu-se verificar se o utilizador ficou satisfeito com o uso de um calendário digital e pretende adotar no futuro um destes sistemas como gestão do seu tempo. O inquérito termina com a tipificação quando à idade, género e escolaridade dos utilizadores que responderam e no fim apresenta uma pergunta de carácter mais genérico que deu para perceber qual o dispositivo mais usado para acesso ao calendário.

V. RESULTADOS

A. Inquérito inicial

O inquérito inicial como já foi referido, serviu para criar uma base de trabalho sólida no desenvolvimento do protótipo. Através das respostas obtidas verificou-se que 81% dos utilizadores que responderam ao inquérito usam o calendário como gestor das suas atividades diárias, e desses 43.4% usam dois calendários. Conclui-se também que mais de metade, concretamente 54.2%, partilham pelo menos um com alguém. A família, colegas de trabalho e equipa de projeto são os 3 principais alvos dessas partilhas, sendo os amigos a menor fatia encontrada. O Outlook é a aplicação que tem mais adeptos no que diz respeito à ferramenta que se usa para gerir o calendário vindo logo atrás o calendário no browser e o papel que aparece como terceira escolha, reforçando assim a ideia que o papel é ainda para muitos utilizadores a melhor ferramenta de trabalho no que toca à gestão de tempo. Das questões tinham como respostas possíveis 5 classes variando entre pouco importante a muito importante. De forma a se poder comparar resultados uniformizou-se as respostas multiplicando cada uma das classes por um valor entre 1 e 5 obtendo-se um valor ponderado. Assim, ficou-se a saber que face à sua importância e numa perspetiva familiar, o “ter um calendário para gerir eventos e tarefas” é a maior preocupação obtendo 88.3 pontos. Ao cruzar este valor com os 81% que usam calendários reconhece-se facilmente esta importância no seio familiar. Os “avisos para pagar a luz, água, telefone, etc” ficaram logo atrás com 81.5 pontos seguindo-se o “envio de mensagens entre membros da família” com uma importância de 74.2 pontos. O item que menos parece preocupar as famílias é terem “lista de menus e modo de confeccionar refeições” que apenas somaram 53.6 pontos. Em relação à importância que existe no uso potencial de um calendário familiar, o “acesso de qualquer lado a esse calendário” foi o que demonstrou maior interesse somando 97.2 pontos seguindo-se a preocupação de “poder definir eventos privados” conseguindo uma pontuação de 88.9. Esta pontuação demonstra bem da importância da segurança e privacidade que se pretende no uso de calendários partilhados. No entanto e tendo em conta a quantidade de pessoas que partilham o seu calendário, a importância dada à partilha do calendário familiar entre pais e filhos ficou-se pelos 68.1 pontos. Pelas respostas obtidas ficou-se também a saber que

80.8% “aceitariam experimentar um calendário grátis” se a família assim o entendesse. Curiosamente esta percentagem está alinhada com a de utilizadores que usam já calendário. Pode-se deduzir desta associação de respostas que quem já usa um calendário para uso pessoal não se importaria usar também no ambiente familiar. Depois desta análise geral, expõe-se os resultados sobre o relacionamento de algumas questões que se fizeram com o objetivo de verificar até que ponto existem diferenças ou associações nas suas respostas. Assim, foram verificadas as associações entre o género, nível de escolaridade, grupo de idades e a apetência para a utilização de calendários. Recorreu-se às tabelas de dupla entrada e ao V de Cramer que mede a associação de variáveis nominais para verificar essas associações. Na Tabela III são apresentados os valores usados para a análise.

TABELA III. VALORES DO RELACIONAMENTO DAS VARIÁVEIS OBSERVADAS

Usa algum calendário para gerir as suas atividades e/ou tarefas?		<i>Sím</i>	<i>Não</i>
Género	Feminino	141	31
	Masculino	71	17
Grupos Escolaridade	1º - 3º ciclos	4	0
	Ensino Secundário	36	14
	Ensino Superior (Bacharelato/Licenciatura)	73	18
	Mestrado/Pós Graduação	51	8
	Doutoramento	48	8
Idade grupos	15-25	48	14
	26-50	145	28
	51-74	19	6

Os resultados revelaram fraca associação entre as variáveis usadas na análise sendo o “nível de escolaridade” com 0.147 no V de Cramer o mais elevado mas muito distante do seu valor máximo 1 que demonstra uma associação forte e 0.218 no valor de prova também ele muito superior ao nível de significância de 0.05 (Tabela IV). Foi também verificada se seria estatisticamente significativa a diferença entre o género, nível de escolaridade, grupos de idade e o número de calendários utilizados. Aplicou-se o teste t Student para a diferença de género e o teste Kruskal-Wallis para testar a diferença do número de calendários utilizados entre grupos de idade e o nível de escolaridade.

TABELA IV. RESULTADOS DAS ASSOCIAÇÕES

Utiliza calendários vs	V de Cramer	Valor prova
Género	0.016	0.866
Nível de escolaridade	0.147	0.218
Grupo de idade	0.083	0.431

Na tabela V apresentam-se os resultados verificados.

TABELA V. VERIFICAÇÃO DAS DIFERENÇAS ENTRE VARIÁVEIS.

Número de calendários vs	Teste	Valor prova
Género	T Student (2 amostras independentes)	0.416
Nível de escolaridade	Kruskal-Wallis	0.073
Grupo de idade	Kruskal-Wallis	0.196

Não há evidências estatísticas para afirmar que sejam significativamente diferentes, o número de calendários utilizados nos diferentes grupos de género, nível de escolaridade e grupo de idade, para um nível de significância de 0.05.

B. Inquérito Final.

O inquérito final foi respondido pelos membros das duas famílias que testaram o protótipo durante o período de um mês. Não sendo uma amostra significativa, permitiu ter uma ideia da aceitação ou não da utilidade de existirem três tipos de exposição de informação nos calendários. O inquérito foi dividido em 4 partes de forma a avaliar um conjunto de características específicas em cada uma dessas partes. Seguir-se a proposta de Likert [13] na construção das perguntas tendo a segmentação de respostas possíveis variado entre “Discordo totalmente” e “Concordo Totalmente. O primeiro grupo de respostas permitiu avaliar o utilizador quanto ao conhecimento que tinha do conceito que suportava o teste. Com os 71% de respostas a afirmar que discordam da afirmação que negava o conhecimento da razão do teste e dos conceitos subjacentes ficou claro que a maioria sabia o que fazia. Também ficou claro que os utilizadores usaram a plataforma ativamente pois todos afirmaram que selecionaram uma das três exposições dos eventos não se limitando a deixar o que aparecia por omissão. Embora conscientes do que faziam, poderiam não ter confiança na utilização dos conceitos por isso mesmo se verificou no segundo grupo de afirmações essa situação. Assim, à afirmação “Usei o calendário com confiança que os meus eventos privados não foram vistos por mais ninguém da família”, 71.5% respondeu que concordava permitindo assim concluir que em questões de privacidade não houveram problemas de maior. Mais expressivo foi o valor obtido na afirmação que pretendia validar se os três tipos de exposição de informação foram usados em consciência. A esta resposta obteve-se unanimidade de concordância por parte dos utilizadores. A afirmação que não permite tirar conclusões é a que obteve respostas equilibradas entre “concordo” e “não concordo”. Nesta afirmação pretendeu-se verificar se ao criar um evento ou tarefa, quando os utilizadores se enganavam a selecionar o tipo de exposição pretendido, foram emendar posteriormente. Pelas respostas dadas pode-se deduzir que não houve enganos ou realmente emendaram a exposição quando se justificou, mas não se pode concluir que tenha sido uma ou outra. O terceiro grupo de perguntas foi aquele que permitiu realmente verificar se 3 tipos de exposição de dados dão maior segurança quanto à privacidade e segurança em calendários partilhados e se é possível usar um calendário para gerir as atividades familiares, pessoais e profissionais. A primeira afirmação deste grupo “Nunca usei a exposição Familiar Protegido” teve como resposta “não concordo” mais de 85% das vezes. Pode-se concluir que esta exposição foi usada por

praticamente todos os utilizadores já que as restantes 15% das respostas nem concorda nem discorda. Quanto ao receio da falta de privacidade dos eventos, 71.5% não sentiu preocupação a esse respeito quando selecionaram a exposição de dados “Familiar Protegida”. Mas em contra partida, 57% dos utilizadores não concordam que usar um calendário pessoal é mais seguro em termos de privacidade. Às afirmações que colocavam em causa o uso de três exposições de informação em detrimento das habituais duas, todos os utilizadores afirmaram que com três exposições puderam resolver todas as situações encontradas na família e não seria mais fácil ter só duas exposições para 71.4% dos utilizadores. Também não foi mais complicado usar as três exposições para 85.7% dos inquiridos nem estes se sentiram desconfortáveis como seu uso. A afirmação que não teve expressividade nas respostas foi a que colocava o calendário familiar ao nível do pessoal. Esta afirmação teve respostas equilibradas entre o concordo e discordo salientando assim a necessidade de se ter de usar mais do que um calendário para separar os assuntos pessoais dos familiares. No último grupo de afirmações pretendeu-se verificar se as famílias viam com bons olhos o uso de um calendário familiar no futuro e se estavam motivadas para o fazer. A motivação teve um valor de 71.5% e apenas 42.9% pretende incentivar a família a usar uma ferramenta deste género para gestão do tempo familiar.

VI. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste artigo explorou-se a ideia de ter três exposições de dados em calendários partilhados, sendo que com isso fica possível usar um único calendário para gestão de todos os eventos de uma pessoa. Como forma de testar o conceito, elaborou-se um protótipo que teve como base de trabalho um inquérito sobre os costumes e uso do calendário de onde se pode confirmar que mais de 80% dos utilizadores que responderam usam um calendário para gerir o tempo. Mais de metade das respostas obtidas afirmam que partilham com alguém pelo menos um calendário e uma percentagem substancial usa mais do que um calendário. Não ficaram claras as razões que levam a ter mais do que um mas pode-se afirmar que as principais razões da partilha são a família, colegas de trabalho e projetos/equipa e como principal ferramenta de uso salienta-se o Outlook. O protótipo permitiu que duas famílias fizessem um primeiro teste à teoria das três exposições, usando-o durante um mês, anotando todos os seus compromissos fossem eles pessoais, familiares ou profissionais. Do inquérito final que se levou a cabo aos membros que participaram no teste, pode-se verificar que não existiram constrangimentos no uso de três possibilidades de expor a informação e que todas as situações foram possíveis solucionar. A falta de privacidade e segurança embora presente não tem expressão face aos utilizadores que sentiram que podiam confiar neste modelo de calendário embora aproximadamente 43% concordam que usar um calendário pessoal é mais seguro.

Em trabalhos futuros o uso de uma aplicação mobile pode facilitar a maior participação de grupos maiores e de áreas diversas, já que uma das lacunas apontada pelas famílias que efetuaram o teste foi a inexistência desta aplicação. Naturalmente se se puder usar web e mobile nos principais sistemas operativos usados (Android, iOS e Windows) mais fácil será encontrar grupos que acedam a testar o conceito.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelos projetos estratégicos Centro ALGORITMI (PEst-C/EEI/UI0319/2015) e LIACC (PEst-OE/EEI/UI0027/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Neustaedter, A. B. Brush e S. Greenberg, “A Digital Family in the Home: Lessons from Field Trials of LINC,” em *Proceedings Graphics interface 2007*, ACM, 2007, pp. 199-200.
- [2] A. Faulring e B. A. Myers, “Enabling Rich Human-Agent Interaction for a Calendar Scheduling Agent,” em *CHI’05 Extended Abstracts on Human Factors Comput Systems*, 2005.
- [3] L. Dimov, “Redesigning and evaluation of a Smart calendar”, MSc Thesis, Aalborg University, 2014.
- [4] A. Alexiadis e I. Refanidis, “Defining a Task’s Temporal Domain for Intelligent Calendar Applications,” em *Artificial Intelligence Applications and Innovations III*, Springer, 2009, pp. 399-406.
- [5] E. T. Mueller, “A Calendar with Common Sense,” em *Proceedings of the 5th international conference on Intelligent user interfaces*, ACM, 2000, pp. 198-201.
- [6] S. Davidoff, B. D. Ziebart, J. Zimmerman e A. K. Dey, “Learning Patterns of Pick-ups and Drop-offs to Support Busy Family Coordination,” em *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2011.
- [7] C. Plaisant, A. Clamage, H. B. Hutchinson, B. B. Bederson e A. Druin, “Shared Family Calendars: Promoting Symmetry and Accessibility,” *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, vol. 13(3), pp. 313-346, 2006.
- [8] S. D. Monteiro, A. E. Carelli e M. V. Pickler, “A Ciência da Informação, Memória e Esquecimento,” *Data Gram Zero, Revista de Ciência da Informação*, vol. 9(6), Dezembro 2008.
- [9] A. B. Brush e T. C. Turner, “A Survey of Personal and Household Scheduling,” em *ACM SIGGROUP*, USA, 2005.
- [10] D. F. Criswell e M. L. Parchman, “Handheld Computer Use in U.S. Family Practice Residency Programs,” em *Journal of the American Medical Informatics Association*, 9(1), 2002.
- [11] M. Tomitsch, T. Grechenig e P. Wascher, “Personal and Private Calendar Interfaces support Private Patterns: Diaries, Relations, Emotional Expressions,” *4th Nordic conf. on Human-computer interaction: changing roles*, Noruega, 2006, pp. 401-404.
- [12] D. S. Walonick, A Selection from Survival Statistics, 8609 Lyndale Ave. S. 209A, Bloomington, MN 55420, 2010.
- [13] R. Likert, “A Technique for the Measurement of Attitudes,” *Archives of psychology*, 1932.

Interação Multimodal de Dispositivos Robóticos em Ambiente Simulado

Multimodal Interaction Robotic Devices in a Simulated Environment

Brígida Mónica Faria

PP/ESTSP – Politécnico do Porto/
Esc. Sup. de Tecnologia da Saúde do
Porto

LIACC – Lab. Inteligência Artificial
e Ciência de Computadores

INESC TEC – Inst. Eng. de Sistemas e
Computadores, Tecnologia e Ciência
Porto, Portugal
btf@estsp.ipp.pt

Daniel Dias

EEUM/DSI - Escola de Engenharia da
Universidade do Minho, Departamento
de Sistemas de Informação

Guimarães, Portugal
a61590@alunos.uminho.pt

Luís Paulo Reis

EEUM/DSI - Escola de Engenharia da
Universidade do Minho, Departamento
de Sistemas de Informação e Centro
ALGORITMI

LIACC - Laboratório de Inteligência
Artificial e Ciência de Computadores
Guimarães e Porto, Portugal
lpreis@dsi.uminho.pt

Resumo — Este trabalho teve como principal objetivo o desenvolvimento de uma plataforma de interação multimodal de dispositivos robóticos em ambiente simulado. Foi desenvolvido e implementado um sistema, no qual é possível interagir com uma Cadeira de Rodas Inteligente (CRI) de forma a testar o controlo da condução deste robot através de uma interface multimodal adaptável ao utilizador. Para além disso, foi implementado e testado um robot que representa uma rampa de arremessos do desporto Paralímpico “Boccia”. Esta Rampa Robótica Inteligente (RRI) permitirá que os praticantes portadores das mais diversas patologias físicas e psicológicas, possam praticar este desporto de uma forma mais autónoma. Terá maior ênfase sobre a categoria BC3, na qual os seus praticantes têm um nível de dependência muito elevada, tendo estes a necessidade de recorrer ao seu treinador e a uma plataforma de lançamento (rampa) para poderem jogar o desporto.

Palavras Chave –Cadeira de Rodas Inteligente; Rampa Robótica Inteligente; Boccia; Futebol em Cadeira de Rodas; Ramp, cenários, Interface Multimodal.

Abstract — This work aimed developing a multimodal interaction platform of robotic devices in a simulated environment. It was developed and implemented a system that allow a user to interact with an Intelligent Wheelchair (IW) allowing to test the robot driving control through an adaptive multimodal interface. Furthermore, it was implemented and tested a robot representing a ramp for Paralympic sport "Boccia". This Intelligent Robotic Ramp (IRR) will allow practitioners with various physical and psychological disorders, to practice this sport in a more autonomous way. This IRR will have greater emphasis on the BC3 category, where its practitioners have a very high level of dependency, having the need to resort to his coach and a launch pad (ramp) in order to play the game.

Keywords - Intelligent Wheelchair, Intelligent Robotic Ramp, Boccia, Soccer in Wheelchair, ramp, scenarios, Multimodal Interface.

I. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta um sistema que pretende proporcionar aos praticantes dos desportos Boccia e Futebol em Cadeira de Rodas (FCR) uma maior autonomia e liberdade no decorrer dos seus treinos e das suas provas. Contribuindo também que o utilizador pratique o controlo da sua cadeira, permitindo assim que este obtenha um maior autodomínio e agilidade nos seus movimentos. Como se trata da simulação de um desporto, pretende-se também incutir o espírito desportivo ao seu utilizador.

Pelo facto do atleta não ter autonomia suficiente para conseguir mover a sua rampa de lançamento da bola, é necessária ajuda do seu treinador para poder realizar os seus arremessos, tornado assim o atleta extremamente dependente do seu treinador. A principal meta deste trabalho é aumentar o domínio sobre dispositivos robóticos, em particular, aumentar significativamente a autonomia do atleta no controlo da sua rampa de lançamento, sendo esta um robot que se movimentam segundo as ordens do seu utilizador, ordens estas que serão dadas de acordo com as limitações do mesmo. Assim sendo, permitirá eliminar o treinador do atleta da área de jogo, visto este conseguir controlar a sua rampa de forma independente.

O projeto em questão conduzirá à redução de gastos no processo dos treinos dos atletas, pois estes não necessitarão de se deslocar para os campos físicos de treino, nem do auxílio contínuo do seu treinador. Podendo assim realizar os seus treinos no conforto da sua casa. Pretende-se também que com a prática deste simulador, melhorem os resultados do atleta nas competições paralímpicas. Trata-se de um projeto inovador, com enorme potencial, que aspira a sua adoção por parte das associações de Boccia a nível nacional no que diz respeito ao processo de treino dos seus atletas, bem como a sua implementação no decorrer das provas paralímpicas no que diz respeito à rampa eletrónica que se pretende desenvolver.

A. Motivação

Segundo os dados mais recentes do número de residentes com deficiência em Portugal, indicam que 636.059 indivíduos são portadores de algum tipo de deficiência, dos quais 156.246 sofrem de deficiências motoras, 70.994 sofrem de deficiências mentais e 15.009 sofrem de paralisia cerebral [1]. Dos 15.009 portadores de paralisia cerebral, 300 deles encontram-se inscritos no campeonato nacional de Boccia [2]. Têm sido realizados vários esforços para que estes indivíduos se sintam integrados na sociedade atual, de forma a sentirem-se realizados enquanto humanos bem como profissionalmente. O presente trabalho tem como uma das suas vertentes, auxiliar o aumento da autonomia destes indivíduos de forma a aumentar o seu nível de vida, proporcionando-lhes um aumento na sua autoestima.

B. Objetivos

O principal objetivo foi o desenvolvimento de um novo sistema de simulação virtual com o jogo paraolímpico "Boccia" e do jogo "de futebol em cadeira de rodas elétrica", com a integração de uma interface multimodal capaz de controlar a rampa de lançamento e cadeira de rodas do jogador, de forma flexível e adaptável. A fim de cumprir este objetivo, o trabalho científico é composto pelos seguintes objetivos específicos:

- Desenvolvimento e implementação da representação virtual de uma parte do jogo Boccia para que os atletas desta modalidade possam maior autonomia durante a prática deste desporto. Será elaborada uma representação virtual do campo Paralímpico de Boccia, tão próximo da realidade quanto possível. Será implementado no mapa já existente da APPC [3], com a criação de uma nova divisão.
- Desenvolvimento e implementação de uma Rampa Robótica Inteligente (RRI) que irá simular a rampa de lançamento que os jogadores da categoria BC3 utilizam para puderem efetuar os seus arremessos da bola.
- Adaptação da interface multimodal já existente para que o utilizador possa controlar a rampa automática e a sua cadeira de rodas de uma forma eficaz e adequada às suas limitações físicas e psicológicas.
- Execução de testes ao sistema desenvolvido a fim de validar as abordagens utilizadas, através de experiências preliminares com utilizadores.

II. ESTADO DA ARTE

Nesta secção são apresentados os principais simuladores e interfaces estudados para a elaboração deste caso de estudo.

A. Simuladores

De seguida é possível observar os principais simuladores estudados e que se enquadram no trabalho desenvolvido.

1) Simulador IntellSim

O IntellSim refere-se a um dos módulos do simulador IntellWheels, que permite recriar um mundo virtual, onde é possível simular um ambiente de testes aos protótipos desenvolvidos. Neste caso, é recriado o mapa do edifício da APPC, no qual o utilizador pode conduzir a sua CRI e interagir com outros dispositivos inteligentes. Dispõe também de uma

opção de jogo que permite a criação de um conjunto de objetivos dispersos ao longo do mapa que marcam um percurso que o utilizador deverá seguir. Em suma, permite a realização de experiências com a CRI que proporcionam o aperfeiçoamento das técnicas de controlo por parte do utilizador [3][4].

2) Slalom o jogo

Slalom, o jogo, demonstra ser um simulador bastante realista do desporto de "Slalom cadeira de rodas" praticado por portadores de paralisia cerebral. O simulador pretende incentivar, ensinar e apoiar a prática desta modalidade, permitindo a novos utilizadores apreender as regras do jogo bem como praticá-lo. Por outro lado aos atletas que já praticam este desporto, permite aperfeiçoarem as suas técnicas e estratégias de jogo. Poderá ser encarado como um programa de treino do jogo. Disponibiliza 2 tipos de controlo do jogo, que são o *joystick* e o teclado. O jogo consiste no controlo da cadeira de rodas durante um percurso predefinido, tendo como objetivo superar os obstáculos com que se vão deparando. A Fig. 1 representa o ambiente do jogo Slalom em cadeira de rodas [5].



Figura 1. Processos Ambiente do jogo virtual "Slalom em cadeira de rodas".

3) Virtual Boccia

Virtual Boccia trata-se de um simulador do jogo Paralímpico Boccia, em que o utilizador está na perspetiva do lançador e através do comando *Wii mote (Wii)* é-lhe permitido controlar a inclinação da rampa (não sendo esta visível ao utilizador) e efetuar o arremesso da bola através de movimentos com os braços. Foi desenvolvido para comprovar que a prática simulada deste desporto pode influenciar a sua prática real. Está disponível para a instalação em computadores pessoais, sem qualquer tipo de custo associado. Apenas necessitam de cumprir os requisitos mínimos, que são: um computador com um SO instalado, Bluetooth, colunas, uma placa de vídeo compatível com Shader Model 3.0; Comando *Wii mote* [6]. A Fig. 2 pretende exemplificar o ambiente deste jogo.



Figura 2. Ambiente do jogo virtual "Virtual Boccia".

4) Boccia, o jogo

O jogo virtual “Boccia o simulador” (Fig. 3) trata-se um projeto desenvolvido em Portugal na Universidade Técnica de Lisboa, que pretende simular o jogo Paralímpico Boccia, mas apresenta-se numa versão muito básica com gráficos pouco intuitivos e sem interfaces adequadas para os seus utilizadores, apenas disponibiliza o seu controlo através do rato, teclado e joystick [7][8].

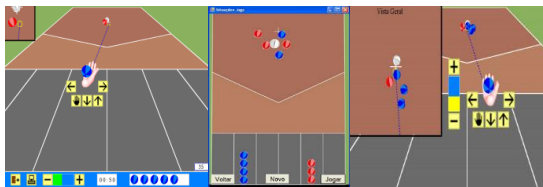


Figura 3. Ambiente do jogo virtual “Boccia o simulador”.

B. Interfaces

Nesta subsecção serão apresentadas as principais interfaces estudadas para determinar qual a mais adequada.

1) Interface Multimodal

A interface multimodal é flexível e adaptável ao seu utilizador, esta é a responsável por identificar a ação que o utilizador pretende executar através da informação que os restantes módulos do sistema *IntellSim* lhe enviam. A interface executa a recolha dos dados através de vários inputs, designadamente comandos por voz, joystick, teclado, expressões faciais e movimentos corporais [9]. É possível ao utilizador criar o seu próprio perfil de utilização, no qual estabelece quais os comportamentos que pretende exercer para designar determinada ação, por exemplo, falar “direita” significar dirigir-se para a direita ou o piscar do olho esquerdo significar ir para a esquerda. Assim é possível adaptar a interface às necessidades do seu utilizador, otimizando assim o processo de ação do utilizador perante o simulador [10]. A Fig. 4 apresenta a interface multimodal utilizada no projeto IW

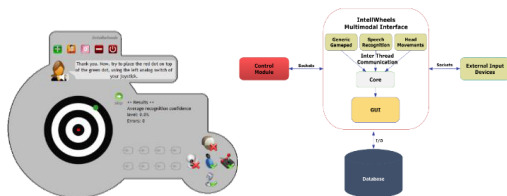


Figura 4. Interface multimodal do projeto IW.

2) Interface Wiimote

O *Wiimote* (Fig. 5) foi apresentado em 2006 pela *Nintendo*, aquando do lançamento da consola *Wii*. Este dispositivo comunica através de uma conexão *Bluetooth*, apresenta um conjunto de botões clássicos dos comandos *Nintendo* e a principal inovação está no facto de detetar movimentos nos três eixos (x,y,z). Também dispõe de um sensor ótico, que comunica com a fonte de infravermelhos da *Wii* para que a consola determine para onde está a apontar o comando. Existe um extra que é o *Motion Plus* que se pode adaptar ao *Wiimote* e permite a deteção de movimentos mais complexos. Este

dispositivo está equipado com 5,5kB de memória que permitem a criação de perfis de utilizador [11].



Figura 5. Representação do *Wii Remote*.

3) Interface Microsoft Kinect

O *Kinect* (Fig. 6) foi apresentado pela *Microsoft* em 2010, mas só foi disponibilizado para os utilizadores em 2011. Este dispositivo está dotado de um microfone sofisticado, capaz de suprimir os ruídos de fundo e determinar a localização da fonte emissora. Dispõe também de um emissor de infravermelhos e duas câmaras que fornecem informações da distância a que se encontra o utilizador, imagens coloridas e dados do aspeto físico do utilizador. Através das informações recolhidas dos movimentos do utilizador é possível determinar quais os comandos que este pretende executar.

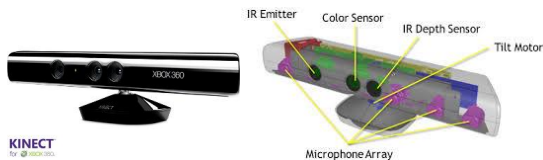


Figura 6. Representação do *Kinect Remote*.

A adoção de ferramentas de deteção de movimentos em jogos virtuais permitiu implementar novas interfaces que melhoraram significativamente a forma de interação entre o utilizador e o jogo. No caso específico dos utilizadores com limitações físicas este dispositivo permitiu ao utilizador interagir com os jogos virtuais de uma forma muito mais eficaz, simplificada e intuitiva [12].

III. METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho adoptou-se o *Design Science Research* [13] e *Quantitative Positivist Research* (QPR) [14], como metodologia de investigação para a orientação do trabalho desenvolvido. Estas metodologias foram adaptadas às especificidades deste projeto.

A. Design Science Research

Segundo Hevner, o *Design Research*: “Trata-se de um processo rigoroso para projetar artefatos, resolver os problemas observados, fazer contribuições à pesquisa, avaliar os projetos e comunicar os resultados para o público adequado. Cria e avalia artefatos e destina-se a resolver os problemas de organização identificados.” [15]. A metodologia anteriormente referida será adaptada a este trabalho segundo o modelo de Peffers [16] da seguinte forma (Fig. 7):

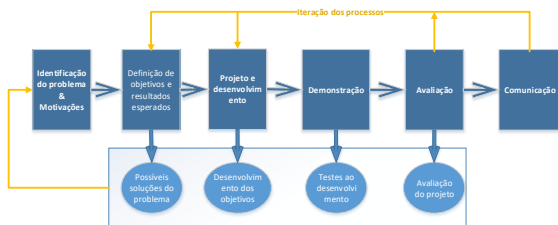


Figura 7. Metodologia de investigação adotada.

O processo inicia-se com a identificação do problema em questão: “Será possível desenvolver um simulador realista que permita a pacientes com paralisia cerebral praticar ou treinar jogos que envolvam dispositivos eletrônicos adaptados?”. Nesta primeira interação deve-se entender a natureza do problema, o contexto, as potencialidades e as limitações que lhe estão inerentes. Na segunda etapa, define-se como uma etapa criativa, onde se pretende traçar os caminhos para obter determinadas metas. São definidos os objetivos e os resultados que se pretendem obter com a realização do trabalho. De seguida, na etapa do desenvolvimento, é expressa uma ou mais possíveis soluções para o problema. Neste caso, será realizado o desenvolvimento e implementação do simulador e da rampa robótica. Na etapa de demonstração da solução, são realizadas testes às soluções desenvolvidas pelo programador. Também serão realizadas demonstrações das capacidades da aplicação desenvolvida. Posteriormente na fase de avaliação, é a especificação do que deve ser avaliado e em que condições. Esta etapa contribuiu para o processo de melhoria da aplicação desenvolvida. Para tal foram realizados testes ao sistema desenvolvido através de experiências com pessoas sem constrangimentos físicos e psicológicos. Por fim a etapa da comunicação, poderá significar apenas o fim de um ciclo, caso a solução obtida necessite de ser melhorada. Caso contrário será a disponibilização da solução final para futura implementação nos treinos dos atletas.

B. Quantitative Positivist Research

Uma das abordagens selecionadas para a realização do presente trabalho científico foi a “*Quantitative Positivist Research*”, para que fosse possível a utilização de questionários durante os testes às aplicações desenvolvidas. O questionário é constituído por 6 partes:

- **Identificação do utilizador** – a primeira secção é constituída por 9 perguntas sobre dados pessoais do utilizador;
- **Experiência em vídeo-jogos** – na segunda secção pretende-se conhecer a experiência do utilizador em jogos virtuais, é constituída por 3 perguntas medidas em escala de Likert, às quais pode ser atribuído um de 5 possibilidades que varia entre “Nunca” e “Sempre”.
- **SUS** - a terceira parte pretende avaliar a usabilidade dos sistemas testados, a experiência de utilização do ambiente simulado. É constituída por 10 questões medidas com uma escala de Likert de 5 valores, que variam entre “Discordo totalmente” e “Concordo totalmente”. A escala de usabilidade do sistema permite uma visão global de avaliações subjetivas de usabilidade de um sistema e só pode ser aferida tendo

em conta o contexto de utilização do sistema, isto é, quem está a utilizar o sistema, o que utilizam para isso e o ambiente em que estes estão a utilizar. As medidas de usabilidade têm três aspetos diferentes, que são a eficácia, a eficiência e a satisfação [17].

- **Controlo da cadeira e da Rampa** – a quarta secção é constituída por 9 questões sobre o controlo MI e controlo por joystick. A escala de valores é igual à escala da questão anterior.
- **Resposta aberta** – na quinta secção, apenas existe uma questão de resposta aberta, para que os utilizadores possam tecer comentários aos testes realizados.

As experiências permitiram avaliar:

- A capacidade de controlo que os utilizadores tinham sobre os robots;
- Se os cenários desenvolvidos eram ou não executáveis;
- Se os cenários desenvolvidos estavam ou não adequados as necessidades das experiências;
- A usabilidade dos robots e dos cenários;
- O grau de satisfação ou insatisfação dos utilizadores.

C. Desenvolvimento e implementação

No presente caso de estudo, foi desenvolvido um robot designado por RRI (Rampa Robótica Inteligente) a fim de validar o principal propósito desta dissertação, que se trata da representação simulada de uma rampa de lançamento da categoria BC3 no desporto paralímpico Boccia.

Para tal foi necessário recorrer a um programa de modelação 3D, o Autodesk Inventor 2015 e o Autodesk 3ds Max 2009 para criar as peças constituintes do robot. No Autodesk Inventor 2015 foi elaborada a construção da parte superior da rampa conforme esta representado na Fig. 8b, o ficheiro foi guardado no formato “.ASE”. De seguida foram importados os ficheiros “P2DXbody.FBX” (Fig. 8a) e rampa.FBX (Fig. 8b) para o Autodesk 3ds Max 2009, onde foram unidas as duas peças formando o ficheiro P3ATbody.FBX (Fig. 8c). Este ficheiro foi importado para o pacote “USARSim_Vehicles_Meshes.P2AT” para posteriormente ser adaptado ao robot RI.

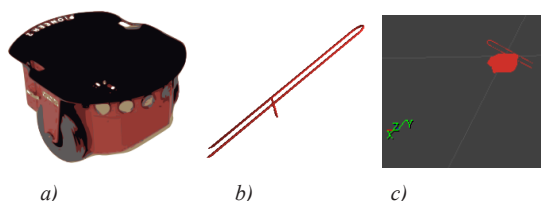


Figura 8. Estrutura da Rampa Inteligente.

Posteriormente foi necessário inserir os modelos de colisão do robot, para tal foi necessário na janela Static Meshes clicar no menu “Collision Tools” e escolher o modelo de colisão pretendido, neste caso foi adotado o modelo Fit Auto-OBB. Após os passos anteriormente mencionados, foi necessário a criação da classe do robot na pasta “USARBot” com a extensão “.uc”. Para tal foi utilizado o código do ficheiro

P2DX como ponto de partida para a criação da RI. De seguida foi adicionado o robot anteriormente criado no ficheiro "USARBot.ini" presente na pasta "System", devem ser adicionadas as características principais, bem como adicionadas as rodas para que este se possa deslocar.

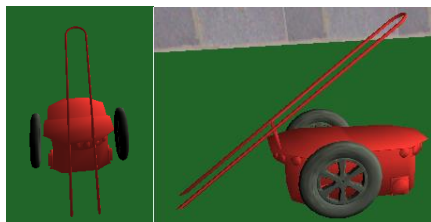


Figura 9. Versão final da RRI.

Para compilar todas as alterações realizadas no diretório "UT2004" foi necessário correr o ficheiro "make.bat". Este processo foi crucial para o sucesso dos passos anteriormente referidos. A partir desse momento é possível testar o robot desenvolvido (Fig. 9), através da sua invocação num servidor de jogo.

IV. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos dados foi realizada através do cruzamento dos dados obtidos através das experiências realizadas com os dados obtidos com os preenchimentos dos questionários. Em seguida será apresentada a análise dos dados focando a caracterização da amostra e a usabilidade do sistema.

1) Caracterização da amostra

As experiências foram realizadas com uma amostra de indivíduos, sem dificuldades motoras ou cognitivas, com média de idade de 23 anos, sendo o intervalo representado entre os 16 e os 30 anos. A amostra apresenta 22 elementos do sexo masculino e 6 elementos do sexo feminino. Dezaesseis elementos estão a frequentar ou já concluíram um curso com mestrado integrado, nove são licenciados e três têm o ensino secundário, sendo que a maioria (64%) pertence à área das tecnologias de informação.

a) Experiência do Utilizador com Vídeo-jogos

De seguida podemos visualizar os resultados das questões relativas ao nível de experiência que os utilizadores possuíam em vídeo-jogos (Fig. 10) e se costumam utilizar comandos de vídeo-jogos, como os da wii ou da playstation (Fig. 11).

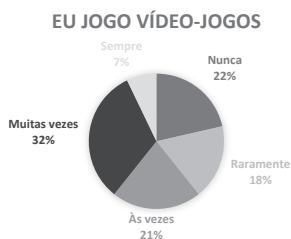


Figura 10. Frequência com que joga vídeo-jogos.

EU COSTUMO UTILIZAR COMANDOS DE VÍDEO-JOGOS (COMO A WII, PLAYSTATION)

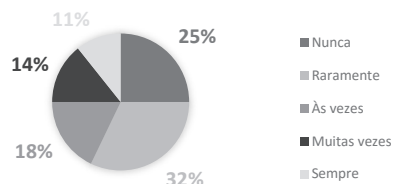


Figura 11. Frequência de utilização de comandos de vídeo-jogos.

Na Fig. 12 é possível observar as percentagens de utilização de Joystick por parte dos participantes.

EU COSTUMO UTILIZAR JOYSTICK

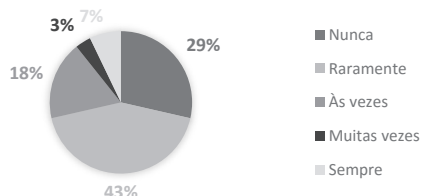


Figura 12. Frequência de utilização de joystick.

Podemos observar que a maioria da amostra joga com alguma frequência vídeo-jogos, enquanto que 22% da amostra nunca pratica vídeo-jogos. Da percentagem de utilizadores que pratica com alguma frequência vídeo jogos (cerca de 60% da amostra), cerca de 43% desses indivíduos utiliza comandos da Wii e da Playstation. Também é possível afirmar que 28% dos indivíduos costuma utilizar com alguma frequência o joystick, enquanto que o maior grupo da amostra reside na utilização esporádica deste periférico. Os dados analisados anteriormente indicam que a amostra não tem um nível avançado de utilização das tecnologias abordadas nas experiências deste caso de estudo.

2) Usabilidade e Controlo do Sistema

Para a validação dos resultados obtidos, foi utilizada a escala de usabilidade SUS que mede os níveis de eficácia, eficiência e satisfação dos utilizadores. A Tabela I apresenta as medidas estatísticas sumárias por item da escala e pelo score final de usabilidade.

TABELA I: VALORES DA ESCALA SUS

Questão	N	Mediana	Moda	Mi	Max
1. Gostaria de utilizar este sistema frequentemente	27	4	4	3	5
2. Considero o sistema desnecessariamente complexo	27	1	1	1	3
3. O sistema é fácil de utilizar	27	5	5	3	5
4. Considero que poderia precisar de apoio de alguém	27	2	1	1	5

especializado para poder utilizar este sistema					
5. As várias funções do sistema foram bem integradas	27	5	5	1	5
6. Considero haver demasiada inconsistência neste sistema	27	1	1	1	5
7. Julgo que a maioria das pessoas iria aprender a utilizar este sistema muito rapidamente	27	5	5	4	5
8. Considero a utilização do sistema muito incómoda	27	1	1	1	3
9. Senti-me muito confiante a utilizar o sistema	27	5	5	2	5
10. Considero que precisaria de aprender muitas coisas antes de poder utilizar este sistema	27	1	1	1	5
<i>Score de SUS</i>	85,2	90	95	50	100

Após a análise da Tabela I, a mediana dos itens 1,3,5,7 e 9 apresenta no geral o valor de 5 - “Concordo totalmente”, que se trata do valor máximo que pode ser atribuído a esta escala. O conjunto de itens referidos anteriormente, trata-se de um grupo de questões positivas sobre a experiência do utilizador, portanto é de realçar os níveis elevados de satisfação dos mesmos. No caso das restantes questões (2,4,6,8 e 10), na grande maioria a mediana apresenta valor de “1”, isto porque este conjunto se trata de um conjunto de questões negativas, no qual se espera que a resposta do utilizador seja a atribuição de um valor baixo (1 - “Discordo totalmente”, 2 - “Discordo”). Podemos observar os Scores da tabela, nos quais podemos observar que a média e moda apresentam valores elevados, podendo assim concluir que os utilizadores ficaram muito agradados com a usabilidade do sistema testado.

Foi também possível concluir que os utilizadores afirmam ter mais controlo sobre a CRI quando a controlam com o joystick físico, pois não necessita de tanta atenção e é mais fácil de utilizar do que o joystick virtual. No caso do controlo da RRI através do joystick virtual os utilizadores apresentam valores mais elevados de controlo do que no caso da CRI.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O presente trabalho científico baseou-se na simulação virtual dos desportos Boccia e FCR praticados por indivíduos portadores de paralisia cerebral. Para tal foram desenvolvidos cenários que representaram partes destes jogos. Na execução dos cenários foram utilizados dois robots, a CRI e a RRI. A CRI foi adaptada do projeto anterior IW para o projeto em questão e permitiu servir de ponto de partida para a criação da RRI. Os dois robots foram controlados por 2 interfaces distintas, a IM e o Joystick. A IM foi a interface que recebeu mais importância durante a fase de desenvolvimento e de testes do trabalho realizado, pois era um dos focos principais do trabalho desenvolvido conseguir adaptar a IM à RRI. De facto, era necessário implementar na rampa os vários inputs de controlo disponibilizados pela IM, para que os seus utilizadores a consigam controlar tendo em conta as suas limitações físicas e psicológicas. O presente trabalho foi validado através de um conjunto de experiências realizadas por voluntários, dos quais foi possível retirar variáveis para efetuar a análises sobre o trabalho desenvolvido. Análises estas que permitem de forma geral concluir que a solução criada apresenta resultados finais bastante satisfatórios ao nível de usabilidade. Como trabalho futuro, a RRI será sujeita a uma melhoria na movimentação

basculante e aproximação com as rampas reais utilizadas no jogo Boccia. Um outro aspeto a desenvolver será a validação que será efetuada com atletas de Boccia com e sem limitações físicas e psicológicas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelos projetos estratégicos Centro ALGORITMI (PEst-C/EEI/UI0139/2015) e LIACC (PEst-OE/EEI/UI0027/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] PORDATA, Base de Dados Portugal Contemporâneo, Acedido em 12 de Fevereiro de 2015, Disponível em <http://www.pordata.pt/>
- [2] Comité Paralímpico de Portugal, Rua do Sacramento, N° 4 - R/C, Fanqueiro, 2670-372 Loures, Acedido em 12 de Fevereiro de 2015, Disponível em <http://www.comiteparalimpicoportugal.pt/Paginas/paralimpicos.aspx>
- [3] B. M. Faria, S. Vasconcelos, L. P. Reis and N. Lau, Evaluation of Distinct Input Methods of an Intelligent Wheelchair in Simulated and Real Environments: A Performance and Usability Study. *Assistive Technology: The Official Journal of RESNA (Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of North America)*, USA, vol. 25, no. 2, pp. 88-98, Junho 2013
- [4] M. J. Barbosa, “Development of an Intelligent Wheelchair 3D Simulator/Visualizer”, Faculdade de Eng da Universidade do Porto, Junho 2011
- [5] Accessable Games, “Slalom, The Videogame”, <http://www.accessablegames.com/projects/slalom.html>, Acedido em 1 de Novembro de 2014.
- [6] CRE Discapacidade y Dependencia, “Boccia Virtual”, http://www.crediscapacidadydependencia.es/cresanandres_01/documentacion/bocciavirtual/index.htm, Acedido em 1 de Novembro de 2014
- [7] H. Guedelha, “Boccia, o simulador”, Universidade Técnica de Lisboa, Setembro 2007
- [8] L. C. Bruno, João B. Lopes, Luís F. Garcia, João M. Pereira, “Avaliação do jogo de computador “Boccia” para adequação a uma equipa de jogadores com paralisia cerebral”, ESTIG-IPBeja, IRT/UTL,
- [9] L. P. Reis, B. M. Faria, S. Vasconcelos, N. Lau, Multimodal Interface for an Intelligent Wheelchair, *Communications in Computer and Information Science, Springer-Verlag*, pp 1-34, Vol 325, 2015
- [10] B. M. Faria, S. C. Teixeira, J. Faias, L. P. Reis, N. Lau, Intelligent Wheelchair Simulator for Users’ Training: Cerebral Palsy Children’s Case Study, 8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, Vol. I, pp. 510-515, 19-22 June, 2013, Lisbon, Portugal
- [11] R. Francese, I. Passero, G. Tortora, “Wiimote and Kinect: Gestural User Interfaces add a Natural third dimension to HCI”, University of Salerno, Capri Island, Italy, May 2012, ACM 978-1-4503-1287-5/12/05
- [12] B. Lange, C. Chang, E. Suma, B. Newman, A. S. Rizzo, M. Bolas, “Development and Evaluation of Low Cost Game-Based Balance Rehabilitation Tool Using the Microsoft Kinect Sensor” 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS, Boston, Massachusetts USA, August 30 - September 3, 2011
- [13] A. R. Hevner, S. Ram, S. T. March, J. Park, “Design Science In Information”, *MIS Quarterly* Vol. 28 No. 1, pp. 75-105, March, 2004
- [14] D. DeLuca, N. Kock, “Publishing Information Systems Action Research for a Positivist Audience”, *Communications of the Association for Information Systems*, Volume 19, article 10, 3-26-2007
- [15] K. Peppers, “A Design Science Research Methodology for Information Systems Research.” *Journal of Management Information Systems*, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2008.
- [16] V. Vaishnavi, B. Kuechler, “Design Science Research in Information Systems”, 20 January, 2004
- [17] J. Brooke, “SUS - A quick and dirty usability scale”, Redhatch Consulting Ltd., 12 Beaconsfield Way, Earley, READING RG6 2UX, United Kingdom

Protocolo Baseado em Confiança para o Acompanhamento Permanente da Integridade de Arquivos Mantidos na Nuvem

Trust-based Protocol for Permanent Monitoring of File Integrity in the Cloud

Alexandre Pinheiro, Rafael Timóteo de Sousa Jr,

Robson de Oliveira Albuquerque

Departamento de Engenharia Elétrica

Universidade de Brasília (UnB)

Brasília - DF, Brasil

tenpinheiro@det.eb.mil.br, desousa@unb.br, robson@redes.unb.br

Edna Dias Canedo

Faculdade UnB Gama

Universidade de Brasília (UnB)

Gama - DF, Brasil

ednacanedo@unb.br

Resumo—Usar a computação em nuvem para armazenar grandes volumes de dados apresenta vantagens de escalabilidade, disponibilidade e capacidade de armazenamento virtualmente "ilimitada". Porém, é um desafio assegurar requisitos básicos como integridade, disponibilidade e privacidade, em uma infraestrutura de nuvem provida por terceiros não confiáveis, principalmente quando a perda ou vazamento de informações podem trazer significativos prejuízos, por razões legais ou de negócios. Diante desse desafio, este artigo propõe um protocolo que, através de um verificador independente, permite um monitoramento periódico e seguro dos dados armazenados na nuvem usando confiança computacional.

Palavras Chave—computação em nuvem; integridade dos dados; confiança computacional; protocolo.

Abstract—The use of cloud computing solutions for storing large volumes of data presents advantages such as scalability, availability, and virtually "unlimited" storage capacity. However, ensuring basic requirements such as integrity, availability, and privacy in a cloud infrastructure provided by unreliable third parties is a challenge, especially when the loss or leakage of information can bring significant damage, either due to legal or business reasons. Considering this challenge, this paper proposes a protocol that allows, through an independent verifier, a regular and reliable monitoring of the data stored in the cloud using computational trust.

Keywords—cloud computing; data integrity; computational trust; protocol.

I. INTRODUÇÃO

Empresas, instituições e agências governamentais geram diariamente grandes quantidades de informações em formato digital (documentos, projetos, registros de transações etc.). Por questões legais ou de negócios, estas informações precisam ser mantidas por muitos anos, tornando-se um grande problema para os administradores de infraestruturas de Tecnologia da Informação e Comunicações (TIC). Com a popularização, a redução de custos e o aumento da oferta de serviços

disponíveis em computação em nuvem, a sua utilização para armazenamento de informações sensíveis passou a ter relevância. No entanto, questões como a garantia da integridade, disponibilidade e confidencialidade ainda precisam ser pesquisadas e avaliadas.

Serviços de Armazenamento de Dados na Nuvem (SADN) são rápidos, baratos e extensivamente escaláveis. No entanto, a confiabilidade pode ser um problema, uma vez que mesmo os melhores provedores de serviços às vezes falham [1]. Para muitas organizações, a segurança e a privacidade são os principais obstáculos à contratação de serviços na nuvem [2]. Desta forma, é importante que os SADN sejam capazes de fornecer mecanismos para confirmar a integridade dos dados e ainda garantir a sua privacidade.

Neste artigo, propõe-se um protocolo que permite o monitoramento periódico da integridade de arquivos armazenados em SADN, de forma segura, com baixo consumo de recursos e sem a necessidade de manter cópias dos arquivos originais. O protocolo prevê ainda que o monitoramento poderá ser realizado por terceiros, sem que seja necessária a exposição do conteúdo dos arquivos originais.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a Seção II apresenta uma revisão dos trabalhos relacionados. Na Seção III é apresentada a proposta do protocolo. Uma implementação parcial do protocolo e os resultados obtidos são descritos na Seção IV. Por fim, as conclusões, com os principais aspectos do trabalho e futuras etapas, encontram-se na Seção V.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

A necessidade de garantir a integridade dos dados armazenados em SADN foi objeto de estudo de diversos trabalhos de pesquisa. Em [3], a proposta é de melhorar a privacidade e a integridade no uso de tabelas na nuvem, empregando um processo denominado "anonimização" que aplica técnicas como generalização, supressão e ofuscação. Para tanto, todos os dados gerados são salvos por um terceiro

confiável e utilizados posteriormente para verificação da integridade.

Outro método para verificação da integridade de dados cifrados é proposto em [4], utilizando o algoritmo de *hash* denominado "Dynamic User Policy Based Hash Algorithm". Os *hashes* sobre os dados são calculados para cada usuário autorizado. Os dados cifrados e o seu *hash* são salvos em separado no SADN. A integridade dos dados pode ser verificada apenas por um usuário autorizado.

Em [5] foi proposto o uso de dois algoritmos criptográficos para cada transação de *upload* ou *download* de dados. O algoritmo Advanced Encryption Standard (AES) é usado para cifrar dados do cliente que serão salvos no SADN e uma técnica de criptografia homomórfica parcial, baseada no algoritmo RSA, é usada para cifrar as chaves criptográficas AES que serão salvas em um terceiro juntamente com um *hash* do arquivo. A integridade dos dados é verificada apenas quando o cliente realizar o *download* do seu arquivo.

Um protocolo de auditoria da integridade de dados proposto por [6] torna possível a identificação rápida de dados corrompidos usando a verificação de textos homomórficamente cifrados. A verificação da integridade dos dados é executada periodicamente por um terceiro, confiável ou não.

III. PROTOCOLO PROPOSTO

O objetivo principal do protocolo proposto é viabilizar a oferta de um Serviço de Verificação de Integridade (SVI) terceirizado, possibilitando que os clientes de SADNs tenham a garantia constante da existência e da integridade de seus arquivos, sem precisar manter cópias dos arquivos originais ou expor os seus conteúdos. Como objetivos secundários do protocolo destacam-se: evitar que o SADN possa cobrar por um serviço de armazenamento que na prática não está sendo prestado; prevenir que o SVI tenha acesso ao conteúdo do arquivo ou sua chave criptográfica, resguardando que este se torne um possível ponto de falha na segurança; prover um serviço previsível e de baixo custo computacional por utilizar exclusivamente criptografia simétrica.

O protocolo proposto difere dos trabalhos descritos na seção II que, para prover a garantia da integridade, fazem o uso de criptografia assimétrica homomórfica, que relativamente tem um alto custo computacional. Outra diferença está no fato de que aquelas soluções exigem a utilização de SVIs confiáveis porque necessitam armazenar as chaves criptográficas dos arquivos, uma vez que fazem acesso ao conteúdo do arquivo para realizar a verificação.

O protocolo proposto se inicia com a cifragem do arquivo original, seguido de sua divisão em 4096 frações, as quais são agrupadas de forma aleatória formando blocos de dados com 16 frações cada. Para cada bloco de dados, é gerado um *hash*, que, agrupado com os endereços das frações, formam a Tabela de Informações do arquivo (TabInfor). Esta é enviada ao SVI para ser armazenada em sua base de dados. O SVI, por sua vez, utiliza cada conjunto formado por um *hash* e conjunto de endereços de fração para realizar um único desafio ao SADN.

A seleção das frações para a montagem dos blocos de dados e consequente geração do *hash* é realizada de forma cíclica até

atingir a quantidade necessária para a execução da verificação da integridade do arquivo pelo número de anos previstos para o seu armazenamento. Em cada ciclo são gerados 256 blocos de dados, com 16 frações diferentes cada um, o que corresponde à totalidade das 4.096 frações obtidas a partir do arquivo cifrado.

O protocolo propõe uma arquitetura formada por três componentes (Fig. 1): i) clientes; ii) SADN e, iii) SVI. A interação entre os integrantes da arquitetura é realizada através de troca de mensagens assíncronas. O protocolo é composto por dois processos distintos. O primeiro, denominado "Processo de Armazenamento do Arquivo", é executado sob demanda e tem como ponto de partida o cliente. O segundo, denominado "Processo de Verificação", é instanciado pelo SVI e executado de forma contínua por meio de instâncias paralelas para cada provedor de SADN.

A. Processo de Armazenamento do Arquivo

O primeiro estágio do processo consiste das seguintes seleções: i) do arquivo a ser armazenado na nuvem; ii) do tempo de armazenamento (número de anos); iii) de um SVI; iv) de um ou mais SADNs; v) de uma chave secreta (senha) a ser utilizada para a cifragem do arquivo; e vi) de um valor numérico denominado "semente" utilizado com o intuito de adicionar entropia ao processo. A possibilidade de seleção de mais de um SADN leva em consideração a necessidade de prover redundância ao arquivo armazenado, o que é importante, pois o cliente não manterá cópias do arquivo original e este procedimento visa garantir a recuperabilidade do arquivo armazenado, mesmo que algum dos SADNs selecionados venha a corrompê-lo. Na Fig. 1, os estágios do processo são identificados pelo prefixo "PAA-E".

O segundo estágio consiste das etapas de cifragem e envio do arquivo cifrado para os SADNs escolhidos. Paralelamente ao envio, é executado o cálculo do número de bytes necessários em cada fração para se dividir o arquivo em 4.096 pedaços. Caso o tamanho do arquivo não seja múltiplo de 4.096, o restante dos bytes necessários para completar a última fração serão obtidos a partir do início do arquivo.

No próximo estágio, é realizada a distribuição aleatória das frações nos blocos de dados de cada ciclo, formando uma lista com códigos de endereços que variam entre 0 e 4.095. Um algoritmo desenvolvido para esse fim utiliza um gerador pseudorrandômico de endereços para selecionar as 16 frações que comporão cada bloco de dados, fazendo uso da semente para adicionar uma camada extra de entropia a esta seleção.

O algoritmo também é responsável por agrupar os blocos de dados em conjuntos denominados "ciclos". Cada ciclo é constituído por 256 blocos de dados que, em sua composição, têm todas as 4.096 frações do arquivo original. Este estágio é representado na Fig. 1 pelas etapas PAA-E 3.1, 3.2 e 3.3.

No último estágio, é gerada a TabInfor do arquivo, formada por um cabeçalho constituído pelo *hash* que representa o arquivo denominado identificador, o tamanho em bytes de cada fração, a quantidade de registros e o total de ciclos. Cada registro no corpo da TabInfor representa um bloco de dados e contém: o seu *hash*; os códigos de endereço de cada uma das 16 frações do arquivo que lhe deram origem; e o número do ciclo a que pertence. Ao fim desta rodada, a TabInfor é enviada

ao SVI para armazenamento. Após os envios do arquivo cifrado para um ou mais SADN e da TabInfor para o SVI, é gerado na base de dados do cliente um registro com as informações do arquivo armazenado nos SADNs. Estas informações são: o *hash* de identificação do arquivo, o nome, o

caminho original, a data final do período de armazenamento e monitoramento, a chave criptográfica, e os identificadores do SVI e dos SADNs.

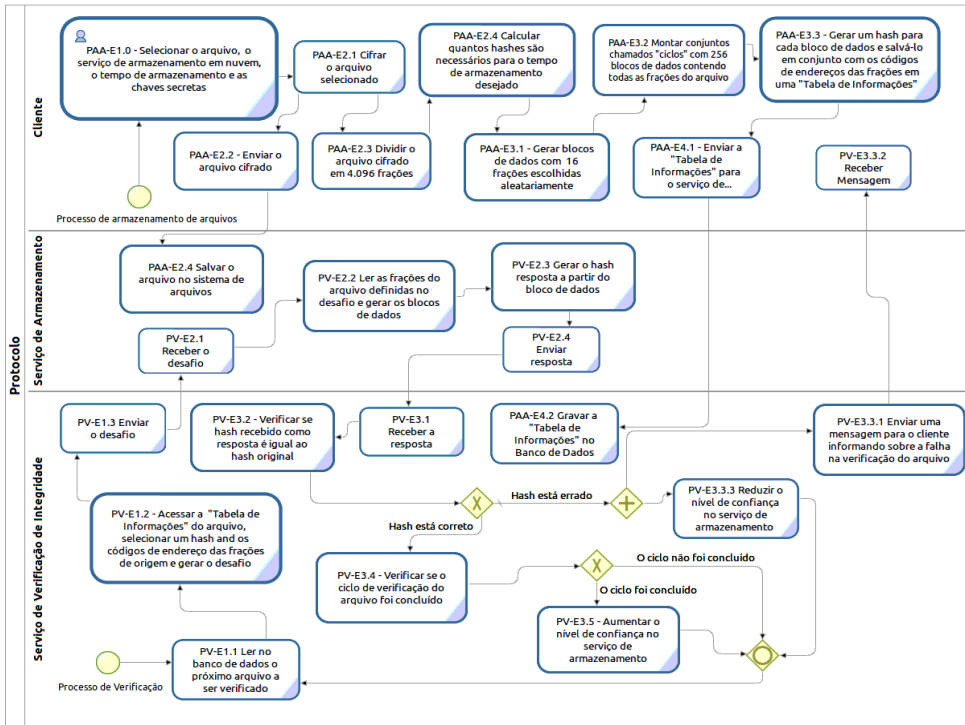


Figura 1. Visão geral do protocolo proposto

B. Processo de Verificação

Este processo destina-se a realizar periodicamente a verificação da integridade dos arquivos armazenados nos SADNs e em consequência classificar estes serviços de acordo com o nível de confiança da verificação da integridade. O processo consiste das seguintes etapas (representadas na Fig. 1 com o prefixo "PV-E"): o SVI deve selecionar o próximo arquivo a ser verificado, gerar o desafio e submetê-lo ao SADN. Este último deve receber o desafio, ler as frações do arquivo de acordo com a lista de endereços recebida no desafio, calcular e enviar o *hash* resposta para o SVI; O SVI finaliza o processo, recebendo e validando a resposta.

No primeiro estágio, o processo identifica paralelamente os próximos arquivos a serem verificados em cada SADN registrado. Para cada arquivo selecionado, sua TabInfor é lida e o número do último ciclo em processo de verificação é recuperado. Quando o arquivo é novo ou quando o último ciclo já foi concluído, um novo ciclo ainda não verificado é selecionado aleatoriamente.

Na sequência é obtido, a partir da TabInfor, o próximo registro não verificado pertencente ao ciclo selecionado. O

desafio é montado com os códigos de endereço das frações obtidos a partir do registro selecionado, o tamanho de cada fração, o hash identificador do arquivo e um identificador do desafio. O desafio é enviado para o SADN e o repositório de desafios que aguardam respostas assíncronas recebe um novo registro. No segundo estágio, o SADN recebe o desafio e recupera, simultaneamente, as frações a partir do arquivo salvo. Um bloco de dados é formado pelas frações obtidas, e a partir dele, é gerado um hash que é empacotado juntamente com o identificador do desafio e enviado como resposta ao SVI.

Finalmente, no último estágio, o SVI recebe a resposta, encontra o desafio no repositório de desafios pendentes e compara o hash recebido com o que deu origem ao desafio. Se eles não corresponderem, uma mensagem informando a falha é enviada ao cliente e o nível de confiança do SADN é imediatamente decrementado. Na Fig. 1, os subprocessos "PV-E3.1" a "PV-E3.6" representam esse estágio.

Se expirar o tempo de espera, sem que o SVI receba uma resposta do SADN sobre um desafio, este é reenviado e o tempo de espera é elevado ao quadrado. Após dez tentativas frustradas, o processo considera que o desafio falhou e adota os

mesmos procedimentos descritos no paragrafo anterior. Se os hashes forem iguais, então um indicador será salvo no registro da TabInfor, indicando que o bloco de dados foi verificado com êxito. A seguir, será verificado se este registro é o último do ciclo atual, o que significaria que todos os blocos de dados do arquivo armazenado já foram verificados com êxito e, neste caso, o nível de confiança do SADN é incrementado. Quando concluído, o processo é reiniciado a partir do primeiro estágio.

C. Processo de classificação do nível de confiança

Sempre que o processo de verificação falhar, o nível de confiança do SADN verificado será decrementado. Quando o valor atual da confiança é igual ou superior a zero, ele é ajustado para zero, quando o valor da confiança está no intervalo entre 0 e -0,5, ele é reduzido em 15%, nos demais casos, é calculado 2,5% da diferença entre -1 e o valor de confiança atual e o resultado é subtraído do valor da confiança.

No entanto, quando o nível de confiança do SADN é incrementado, se o valor da confiança atual for inferior a 0,5, este é acrescido em 2,5%. Caso contrário, calcula-se 0,5% da diferença entre 1 e o valor atual da confiança e o resultado é adicionado a confiança. O nível de confiança no SADN irá afetar a periodicidade da verificação dos arquivos nele armazenados e o tempo necessário para se concluir cada ciclo.

Um percentual mínimo de blocos de dados de um percentual mínimo dos arquivos armazenados em cada SADN estará sujeita a verificação diária, de acordo com o nível de confiança atribuído ao SADN. Os níveis de confiança baseados em [7] são apresentados na Tabela I.

TABELA I. CLASSIFICAÇÕES DA CONFIANÇA NOS SADNS

Nível de Confiança	Intervalo	Verificados por dia		
		% dos arquivos	% do arquivo	Blocos
Confiança Altíssima	]0,9, 1[	15%	~ 0,4%	1
Confiança alta	]0,75, 0,9]	16%	~ 0,8%	2
Confiança meio alta	]0,5, 0,75]	17%	~ 1,2%	3
Confiança meio baixa	]0,25, 0,5]	18%	~ 1,6%	4
Confiança baixa	]0, 0,25]	19%	~ 2,0%	5
Desconfiança baixa	] -0,25, 0]	20%	~ 2,4%	6
Desconfiança meio baixa	] -0,5, -0,25]	25%	~ 3,2%	8
Desconfiança meio alta	] -0,75, -0,5]	30%	~ 4,0%	10
Desconfiança alta	] -0,9, -0,75]	35%	~ 4,8%	12
Desconfiança altíssima	] -1, -0,9]	50%	~ 5,6%	14

Sempre que o valor da confiança for igual a zero, um valor fixo é atribuído para determinar a confiança inicial. Assim, se a última verificação resultou em um incremento no nível de confiança é atribuído o valor 0,1, caso contrário, se uma falha tiver sido identificada, o valor atribuído é -0,1.

D. Especificações do protocolo

Para definir as características do protocolo proposto levouse em consideração os seguintes pressupostos: i) baixo consumo da banda de rede; ii) previsibilidade e economia no consumo de recursos do SVI; iii) rápida identificação de mau comportamento dos SADNs; iv) privacidade; v) resistência contra a fraude; e vi) não sobrecarregar o SADN. Assim, a divisão do arquivo em 4.096 frações, agrupadas em blocos de 16 frações cada, destina-se a minimizar a sobrecarga do SADN

através da redução da quantidade de dados a ser lida a cada verificação, e permitir a realização em paralelo da recuperação de cada fração.

A necessidade de rápida identificação do mau comportamento dos SADN, também contribuiu para a determinação dos valores propostos. O protocolo utiliza a seleção aleatória de 16 frações do arquivo dentro do bloco de dados para permitir verificar a integridade das diversas partes do arquivo em uma única etapa de verificação. A privacidade é conseguida através da utilização de hash de 256 bits para representar cada bloco de dados. Os hashes permitem que o SVI execute a validação do arquivo hospedado no SADN, sem necessariamente conhecer o seu conteúdo.

Além disso, o uso de hashes combinados com uma quantidade fixa de bloco de dados, proporciona a previsibilidade e o baixo consumo da banda de rede. É possível pré-determinar o custo computacional requerido para verificar a integridade de um arquivo, durante todo o tempo previsto para o seu armazenamento, independentemente do seu tamanho. A Fig. 2 mostra o consumo médio diário da banda de rede (mínimo e máximo) gerado pelo protocolo proposto, para cada arquivo hospedado em um SADN, enviando desafios e recebendo respostas para cada nível de confiança proposto.

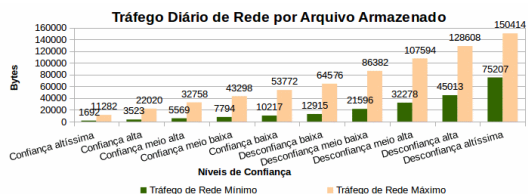


Figura 2. Tráfego diário de rede por arquivo armazenado

O número total de blocos de dados varia de acordo com o número de anos previstos para o armazenamento do arquivo. Isso permite que cada hash e os códigos de endereço das frações que formam o bloco de dados que lhe deu origem sejam utilizados uma única e exclusiva vez como um desafio para o SADN.

A partir da definição do número de blocos, torna-se possível determinar o tamanho da TabInfor e, portanto, o custo computacional para transferir e armazená-la no SVI. A Fig. 3 mostra a variação no tamanho da TabInfor, de acordo com o número de anos previstos para o seu armazenamento.

Finalmente, a resistência à fraude é obtida por meio de um algoritmo de seleção e permutação que atribui a entropia necessária para tornar impraticável qualquer tentativa de prever quais frações ou sua ordem na composição de cada bloco de dados. Um ataque de força bruta, através da geração de hashes para todas as combinações possíveis de blocos de dados, não é viável porque o número de combinações possíveis é aproximadamente $6,09 \times 10^{57}$ blocos. Conseqüentemente, para armazená-los seriam necessários cerca de $1,77 \times 10^{47}$ TB de espaço em disco.

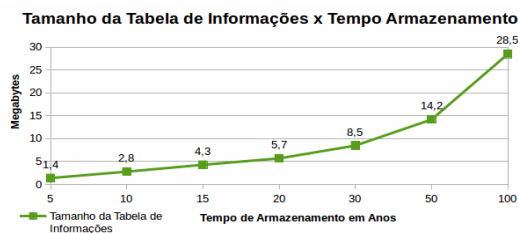


Figura 3. Tamanho da TabInfor conforme o tempo de armazenamento

IV. IMPLEMENTAÇÃO E RESULTADOS

A implementação do protocolo é dividida em três fases diretamente relacionadas com as responsabilidades de cada componente previsto na arquitetura do protocolo. A primeira é a implementação dos processos do cliente, a segunda é a implementação dos processos do SVI, e por fim, na terceira fase, a implementação dos processos do SADN.

Neste artigo, o escopo foi limitado a primeira fase da implementação do protocolo. A aplicação tem por finalidade possibilitar que o usuário gerencie o processo de cifragem do arquivo original, a geração da TabInfor, o envio do arquivo cifrado para os SADNs, o envio da TabInfor para o SVI, o inventário dos arquivos armazenados nos diversos SADNs e o armazenamento das chaves criptográficas. Esta fase da implementação foi realizada utilizando a linguagem Java e o sistema gerenciador de banco de dados PostgreSQL.

A. Processo de cifragem

O processo inicia com a seleção do arquivo no sistema de arquivos do cliente, do SVI, dos SADNs e com as inserções da senha, da semente numérica e do número de anos para armazenamento através de uma interface gráfica. A cifragem do arquivo é realizada por meio dos recursos disponibilizados pelo pacote "javax.crypto", sendo o algoritmo criptográfico selecionado o AES-256 e o modo de operação escolhido o CBC (Cipher-block chaining).

A senha informada, antes de ser aplicada no processo de cifragem, passa por um processo de preparação da chave criptográfica por meio de um algoritmo que reforça a senha denominado Password based Key Derivative Function (PBKDF2) que aplica um algoritmo de hash com chave construído a partir da função de hash SHA-256, usada para gerar um código de autenticação de mensagens HMAC ("Hash-based Message Authentication Code") [8].

B. Cálculo do número de ciclos e distribuição das frações

Esta etapa inicia com o cálculo do número de ciclos de verificação, de acordo com o número de anos que o arquivo deve ser mantido pelos SADNs e monitorado pelo SVI. Apesar do número de ciclos empregados variar de acordo com o nível de confiança atribuído ao SADN, para fins deste cálculo foi considerado o pior caso, o nível "Desconfiança altíssima".

Para a seleção e distribuição das frações por bloco de dados dentro de cada ciclo de verificação, foi construída a classe "Cycle". Cada instância da classe tem a responsabilidade de sortear as frações e gerar os 256 blocos de cada ciclo. O código

de endereço de cada fração é obtido por meio da execução do algoritmo gerador pseudorrandômico de números (SHA1PRNG) por intermédio da classe Java "SecureRandom". A semente numérica é utilizada pela classe para adicionar entropia aos valores gerados.

A cada iteração com a classe são gerados aleatoriamente 4096 códigos de endereço, dos quais os valores não repetidos são utilizados para a definição dos blocos de dados. É previsto que sejam realizadas tantas iterações quantas forem necessárias para definir os 256 blocos de dados. Os códigos de endereço repetidos são armazenados e repassados em ordem inversa para as instâncias seguintes da classe "Cycle", que utilizam os códigos de endereço recebidos na geração dos seus blocos de dados. Para o registro dos códigos de endereço selecionados e as posições que estes representam na sequência de montagem das frações dentro de cada bloco de dados foi criada a classe "DataBlock". Cada instância da classe "Cycle" mantém 256 instâncias da classe "DataBlock".

C. Geração da TabInfor

Após a definição dos ciclos, inicia-se o processo de geração da TabInfor, para o qual é necessário o cálculo dos hashes que representam cada um dos blocos de dados formados pela união dos conteúdos das frações escolhidas na etapa anterior. A implementação dessa etapa foi realizada por meio da classe "InformationTable". Na sua inicialização, a instância da classe recebe como parâmetros: os objetos da classe "Cycle" gerados na etapa anterior, um objeto da classe java "RandomAccessFile" que permite o acesso randômico ao conteúdo do arquivo cifrado e um objeto da classe "Blake2b" que implementa o algoritmo de geração hash utilizado.

A partir do arquivo cifrado é gerado um hash de 256 bits que servirá como identificador do arquivo, sendo utilizado por todos os componentes previstos na arquitetura e pela aplicação cliente para verificar a integridade do arquivo quando o mesmo for recuperado a partir do SADN. O tamanho de fração é obtido pelo resultado arredondado para cima da divisão do tamanho do arquivo por 4.096.

Para o cálculo dos hashes são percorridas todas as instâncias da classe "Cycle" e em cada uma delas, todas as 256 instâncias da classe "DataBlock", da qual se obtém os 16 códigos de endereço que multiplicados pelo tamanho da fração, determinam os endereços de início de cada fração a ser lida e anexada ao bloco de dados. Concluída a montagem do bloco, é realizado o cálculo do hash e sua inserção como atributo na respectiva instância da classe "DataBlock".

D. Registro e submissão das informações geradas

O envio do arquivo cifrado para o SADN é executado paralelamente. Ao concluir a geração da TabInfor esta é enviada ao SVI. Após a recepção dos aceites são registradas na base de dados do cliente: o nome do arquivo, o identificador do arquivo, a data final do período de monitoramento, a chave criptográfica e os identificadores dos SADNs e do SVI.

E. Resultados

Com o objetivo de verificar a eficiência do protocolo e da aplicação desenvolvida, foram realizados testes de execução da aplicação em diferentes cenários, sendo monitorados os tempos

gastos nas principais etapas do processo. Fatores externos ao protocolo como velocidade de acesso ao disco e capacidade de processamento do equipamento utilizado tem forte influência no resultado. Os resultados foram obtidos em um computador dotado de um processador Intel Core i7 2.4 GHz, memória RAM 12GB DDR3 1600 MHz e HD SATA 5400 RPM.

As primeiras etapas avaliadas foram a cifragem do arquivo original e a geração do seu hash. Estas etapas têm por característica comum a variação do tempo de execução em função do tamanho do arquivo. Outra etapa avaliada foi a geração dos ciclos de verificação por meio da seleção e distribuição dos códigos de endereço das frações nos blocos de dados. O tempo de execução dessa etapa varia de acordo com o período de armazenamento. A Fig. 4 apresenta a variação dos tempos de geração dos ciclos.

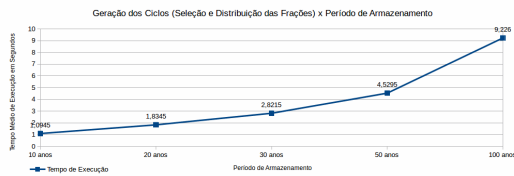


Figura 4. Tempos para a geração dos ciclos

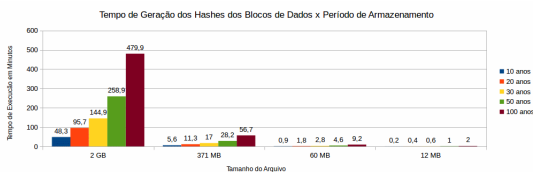


Figura 5. Tempos de geração dos hashes dos blocos de dados

A última etapa avaliada foi a geração dos hashes para os blocos de dados. Os tempos de execução estão diretamente relacionados com o tamanho do arquivo e com o período previsto para o seu armazenamento conforme pode ser visualizado na Fig. 5.

V. CONCLUSÕES

Este artigo propõe um protocolo que, através de um serviço terceirizado de verificação, aplica os conceitos de confiança para permitir um monitoramento qualificado e constante da integridade dos arquivos mantidos em um SADN, sem comprometer a confidencialidade. Baseado no comportamento de cada SADN, a frequência de verificações pode aumentar ou diminuir, reduzindo a carga de processos nos serviços que tem taxa de falha muito baixa ou verificando mais rapidamente todos os arquivos armazenados em serviços que já apresentaram algum tipo de falha.

O protocolo foi desenvolvido para atender premissas como baixo consumo de largura de banda, identificar rapidamente serviços malcomportados, prover forte resistência contra

fraudes, evitar a sobrecarga do SADN, garantir a confidencialidade dos dados e ainda, fornecer previsibilidade e máxima economia de recursos ao SVI.

O protocolo fornece um controle eficiente sobre a integridade dos arquivos salvos nos SADN, sem sobrecarregar os serviços que têm um comportamento adequado, mas atuando pró-ativamente para identificar rapidamente e fornecer alertas precoces para os proprietários de arquivos corrompidos. Como resultado dos testes realizados a partir da implementação da aplicação destinada ao cliente foi possível verificar que o processamento e o tempo gasto para geração da TabInfor podem ser consideradas aceitáveis.

Como parte de trabalhos futuros, planeja-se implementar os processos previstos pelo protocolo proposto, relativos aos SADN e SVI. Além disso, objetiva-se ainda adicionar funcionalidades como o compartilhamento de informações sobre o nível de confiança dos SADN entre os diferentes SVI e a autenticação dos SVI autorizados a validar a integridade dos arquivos do cliente hospedados no SADN.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às Agências brasileiras de pesquisa, desenvolvimento e inovação CAPES (Projeto FORTE 23038.007604/2014-69) e FINEP (Projeto RENASIC/PROTO 01.12.0555.00), ao Departamento de Ciência e Tecnologia do Exército Brasileiro e à Defensoria Pública da União (Acordo de Cooperação 30/2014), pelo suporte ao presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. T.Tandel, V. K.Shah, and S. Hiranwal, "An implementation of effective XML based dynamic data integrity audit service in cloud", in International Journal of Societal Applications of Computer Science, vol. 2, issue 8, p. 449-553, 2014.
- [2] P. Dabas and D. Wadhwa, "A recapitulation of data auditing approaches for cloud data", in International Journal of Computer Applications Technology and Research (IJCATR), Vol. 3, Issue 6, p. 329-332, 2014.
- [3] R. S. George and S. Sabitha, "Data anonymization and integrity checking in cloud computing", in Fourth International Conference on Computing (ICCCNT), Communications and Networking Technologies, Tiruchengode, 2013.
- [4] S. K. S. V. A.Kavuri, G. R. Kancherla, and B. R.Bobba, "Data authentication and integrity verification techniques for trusted/untrusted cloud servers", in International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), New Delhi, p. 2590-2596, 2014.
- [5] M. F.Al-Jaberi and A.Zainal, "Data integrity and privacy model in cloud computing", in International Symposium on Biometrics and Security Technologies (ISBAST), Kuala Lumpur, p. 280-284, 2014.
- [6] H.Kay, H. Chuanhe, W. Jinhai, Z. Hao, C. Xi, L. Yilong, Z. Lianzhen, W. Bin, "An efficient public batch auditing protocol for data security in multi-cloud storage", in 8th ChinaGrid Annual Conference (ChinaGrid), Changchun, p. 51-56, 2013.
- [7] S. P. Marsh, Formalizing trust as a computational concept, Department of Computing Science and Mathematics, University of Stirling, Doctorate Thesis, 1994.
- [8] S.Josefsson, "PKCS #5: Password-Based Key Derivation Function 2 (PBKDF2) Test Vectors", RFC 6070, DOI 10.17487/RFC6070, <http://www.rfc-editor.org/info/rfc6070>, Janeiro 2011.

Frameworks empresariais e produtos tecnológicos com incidência na alarmística e na monitorização de indicadores de controlo e performance

Corporate frameworks and technological products focusing alarmistic and monitoring indicators of control and performance

Ricardo Pateiro Marcão

Universidade Europeia | Laureate International Universities
Quinta do Bom Nome, 1500-210 Lisboa
Lisboa, Portugal
ricardo.pateiro.marcao@gmail.com

Gabriel Pestana

Universidade Europeia | Laureate International Universities
Quinta do Bom Nome, 1500-210 Lisboa
Lisboa, Portugal
gabriel.pestana@universidadeeuropeia.pt

Maria José Sousa

Universidade Europeia | Laureate International Universities
CIEO – Universidade do Algarve
Quinta do Bom Nome, 1500-210 Lisboa
Lisboa, Portugal
maria-jose.sousa@universidadeeuropeia.pt

Resumo — Com a crise económica em que se vive, torna-se urgente a captação do alto desenvolvimento de uma empresa. Num contexto profissional, a análise do desempenho organizacional através de *dashboards* implementados com *frameworks* de monitorização disponibiliza mecanismos que permitem ganhos em termos de conhecimento sobre eventos, bem como dispor de dados sobre a progressão do desempenho dos colaboradores na execução das suas funções. Este trabalho tem como objetivo a revisão do estado da arte das *frameworks* empresariais e dos produtos tecnológicos, incluindo os seus *insights* e a aplicabilidade destes, com incidência no tema em epígrafe.

Palavras Chave – Alarmística; Dashboard; Framework; Gestão; Indicador; Monitorização; Performance; Projeto.

Abstract — With the economic crisis in which we live, it is becoming urgent to capture the high development of a company. In a professional context, the analysis of organizational performance through dashboards implemented with monitoring frameworks provides gains in knowledge about events, as well as available data about the progress of the performance of

employees in the execution of their duties. This paper aims to review the state of the art of business frameworks and technological products, including their insights and applicability, with focus on the above-mentioned subject.

Keywords – Alarmist; Dashboard; Framework; Indicator; Management; Monitoring; Performance; Project.

I. CONTEXTO

Por vezes, a *performance* de um profissional não corresponde aos objetivos inicialmente pretendidos pelo próprio, pela sua empresa ou ainda pelo seu superior hierárquico. Por essa razão, pretende-se analisar as diferentes *frameworks* de monitorização aplicadas a contextos empresariais, estando relacionadas com os conceitos de alarmística e monitorização de indicadores de controlo (KCI) e *performance* (KPIs), de forma a identificar quais as metodologias de gestão de *performance* mais utilizadas.

Com o objetivo de monitorizar indicadores de análise, Vidackovic et al. [1] acreditam que a utilização de interfaces do

tipo *dashboards* constitui uma boa prática em temas circundantes ao *Business Activity Monitoring* (BAM), um conceito tecnológico focado na monitorização em tempo real do negócio.

Segundo Velcu-Laitinen et al. [2], um *dashboard* é uma ferramenta capaz de analisar diferentes cenários com um formato flexível na sua apresentação, permitindo a obtenção de informação relacionada com a gestão de processos de negócio (BPM) e oferecendo a capacidade de *drill down* ao longo da amostra apresentada. Será esta a definição de *dashboard* assumida no documento e na investigação em curso.

Para Wetzstein et al. [3], o conceito de BPM engloba um conjunto de métodos e ferramentas para modelar, executar e analisar os processos de negócio de uma organização. Estes concretizam os diferentes objetivos pretendidos pelos *stakeholders*, onde se estabelece a base do enquadramento conceptual para a investigação em causa. Para alimentar este sistema de gestão, são utilizados sistemas de monitorização, que são desenhados para registo de dados históricos e apoio ao processo de decisão, adotando modelos típicos de *Business Intelligence* (BI), nomeadamente com bases de dados multidimensionais e mecanismos de *Extract, Transform e Load* (ETL) como forma de melhoria da qualidade dos dados obtidos na fonte, conclui Chieu et al. [4].

Na sua generalidade, a conceção de modelos conceptuais de alarmística e monitorização permitem analisar de forma detalhada os requisitos de desempenho das organizações e os pontos de avaliação de ferramentas analíticas utilizadas, os quais poderão ser modelados na linguagem *Unified Modeling Language* (UML), a par da criação de artefactos, utilizando metodologias de desenho e validação como a *Design Science Research* (DSR).

II. EVOLUÇÃO DA INVESTIGAÇÃO COM FOCO EM FRAMEWORKS EMPRESARIAIS

Muitas das *frameworks* utilizadas em monitorização auxiliam no desenvolvimento de produtos digitais e físicos, como *dashboards* e sensores de temperatura, gases, entre outros, sendo que os mais antigos são os *dashboards*, cujo conceito surge no início do século XX, em França, no mercado automóvel, como computadores de bordo. Ainda hoje os carros franceses são os primeiros, da gama média-baixa, a apresentar alta tecnologia ao volante. [5] Apesar do espectro da projeção de *dashboards* englobar um extenso universo de linguagens e conceitos, o padrão foca o UML e o BAM. [6]

No seio dos sistemas de informação, é desenvolvida uma *framework* que suporta a pesquisa nesta área, permitindo a comparação entre o paradigma da ciência do comportamento e o paradigma da ciência do desenho. A *Framework* de Pesquisa em Sistemas de Informação é composta por: i) *environment* (ambiente), ii) *IS research* (pesquisa no âmbito dos sistemas de informação) e iii) *knowledge base* (base de conhecimento). O ambiente define a envolvente do problema, onde é despoletado o interesse da investigação. Na pesquisa, intervêm as pessoas, a organização, onde reside o negócio e a tecnologia envolvida. A base de conhecimento fornece o sustento à pesquisa, de forma a que esta possa utilizar metodologias e criar o fundamento necessário para que se torne credível. Segundo Hevner et al.

[7], é nesta perspetiva que entra a metodologia DSR, a qual se baseia no conhecimento (e no entendimento), através do *knowledge base*, de um problema e na projeção da sua solução, mediante a produção de artefactos viáveis que a suportam. Esta metodologia é focada no desenvolvimento de soluções tecnológicas para problemas insurgentes ao nível do negócio, conferindo algum rigor na pesquisa, de forma a providenciar contributos verificáveis nas áreas do desenho do artefacto e dos seus fundamentos.

A *Framework* de Zachman é direccionada para especificação de Arquiteturas de Sistemas de Informação, onde se inclui o desenho de artefactos e o desenho de processos. Esses artefactos irão permitir relacionar os papéis, no desenho de processos, e as abstrações do produto. Os seus papéis principais são de *owner, designer e builder*, que se referem ao dono, a quem desenha e a quem cria o processo. Nas colunas da matriz pode-se ver as abstrações do produto, tais como *what* (o quê), *how* (como), *where* (onde), *who* (quem), *when* (quando) e *why* (porquê), que dizem respeito à própria questão que cada uma implica, requerendo respostas relativas a dados, à função, à rede, ao capital humano, ao tempo e à motivação, respetivamente.

Embora a *Framework* de Zachman possa ter alguma complexidade pelo vasto número de células, permite endereçar toda a empresa numa matriz, independentemente das metodologias ou das ferramentas endereçadas, conduzindo à geração de outras *frameworks* de arquiteturas empresariais. Pela tal complexidade, Vail [8] tenta trazê-la de novo às empresas, com a premissa de que é a definição de uma arquitetura causal que melhora a *performance*, encaixando o mapa conceptual da arquitetura na *Framework* de Zachman (Fig. 1), onde é possível a priorização de diferentes variáveis. Para validar o estudo, realizou sessões de formação e esclarecimento na Alliant Techsystems, uma empresa americana focada em *IT strategy*, formando *links* organizacionais entre as diferentes unidades de negócio, o que permitiu um aumento da eficácia profissional e uma mais rápida implementação da *Framework* de Zachman.

III. DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE MONITORIZAÇÃO

Embora seja referida uma maior quantidade, ao longo desta secção serão descritos sucintamente 10 projetos investigação em monitorização e alarmística, os quais se encontram devidamente identificados, onde são focados os seus *insights*.

O BI refere-se a tecnologias, ferramentas e práticas para agrupar, integrar, analisar e apresentar grandes volumes de dados históricos, de forma a providenciar uma melhor tomada de decisão. Segundo Dayal [9] (Projeto 1), a arquitetura típica de um sistema de BI consiste numa *data warehouse* (podendo ter um ou vários *data marts*), que consolida bases de dados e serve *frontends* de ferramentas de *querying, reporting* e inferência analítica, como os *dashboards*. Quando estes sistemas são *offline*, o tradicional *pipeline* de integração de dados é feito num único sentido, semelhante a um processamento em lotes, implementado normalmente por ferramentas do tipo ETL. Deste modo, as métricas a reter são a confiança, a manutenção, a recuperação, a escalabilidade, a disponibilidade, a flexibilidade, a robustez, a acessibilidade, a consistência, a rastreabilidade e a auditabilidade. Para o caso

online, existe outro tipo de esquemas de funcionamento e análise.

Um dos projetos relacionados com o tema é a proposta de um método de monitorização *online* para deteção de faltas, com o objetivo de melhorar o desempenho de uma fábrica, por Lee et al. [10] (Projeto 2). Este baseia-se no processo de controlo estatístico multivariado, o que permite calcular o valor da monitorização estatística, através da observação em determinados intervalos de tempo. Consideremos dois estados do processo: Controlado e Descontrolado. O estado controlado é atribuído quando o valor estatístico está dentro dos limites, sendo o descontrolado atribuído quando o mesmo excede esse valor. O processo de controlo estatístico utiliza dois algoritmos de controlo: o *Local Outlier Factor* (LOF) e o *Independent Component Analysis* (ICA); que permitem detetar faltas discrepantes ou antagónicas. No processo de controlo, tomamos t como o índice de tempo, $d(t)$ como a função de monitorização observada, obtida em tempo real, e $s(t)=\{normal, falta\}$ como a função de estado do processo, sendo que o objetivo da monitorização é considerar o estado do processo atual $s(t)$ corretamente. Paralelamente a este esquema, existe um processo de monitorização, proposto por Downs e Vogel e aprofundado por McAvoy e Ye [11], utilizado em otimização, controlo preditivo, processo de diagnóstico, o qual foi usado como processo de monitorização de teste para o esquema proposto anteriormente (Processo *Tennessee Eastman*), que não é mais que um conjunto de regras *Event Condition Action* (ECA), com a categorização do tipo de faltas possíveis no processo de manufaturação.

Relacionado com o foco abordado no parágrafo anterior, um grupo de investigadores da IBM, em Nova Iorque (Estados Unidos da América), desenvolveu um mecanismo inteligente de adaptação de eventos, para capturar e transformar aplicações dependentes da camada tecnológica em eventos do tipo *Common Business Events* (CBE), para que a execução de operações ao nível do negócio pudesse ser controlada. Segundo Fu et al. [12] (Projeto 3), estes são propagados até uma infraestrutura do tipo *Common Event Infrastructure* (CEI), de forma a serem consumidos por um sistema de gestão de desempenho do negócio. Para facilitar a extração em tempo real, o grupo optou por utilizar diretamente a informação da fonte utilizando um sistema SAP, como exemplo de fonte de transação de eventos.

Os autores reforçam que a gestão do desempenho do negócio permite às organizações monitorizar e responder às alterações no ambiente do negócio, de forma a otimizar o desempenho do negócio, relacionando-o com os objetivos do mesmo. O desempenho do negócio é medido através de KPIs, para refletir o retorno das atividades do mesmo, sob a camada tecnológica. Aqui, um indicador é definido segundo uma perspetiva de alto nível, no que diz respeito ao negócio, e é calculado e extraído da fonte sob a camada tecnológica. Qualquer atividade transaccional, na camada tecnológica, afeta potencialmente o resultado dos KPIs, tendo estes que ser adaptados e propagados até ao sistema de gestão do desempenho do negócio, para uma possível análise. Um sistema de gestão do desempenho do negócio precisa de obter um completo e correlacionado conjunto de eventos, em ordem a deduzir o indicador correspondente. Para fazer a ponte entre

os KPIs e os eventos ao nível do IT, existe a necessidade de ter um mecanismo na camada intermédia, que disponibiliza as tarefas de adaptação e de transformação.

Como constituição do cenário de teste, foi sugerido um *call center* de um determinado negócio, em que os representantes dos vendedores usam tipicamente as aplicações de encomenda e de cadeia de valor, para processarem os pedidos dos clientes. Um sistema de gestão de desempenho do negócio contém, normalmente um *dashboard* para monitorizar a atividade do negócio, uma infraestrutura de captura e processamento, como o CEI, e um ambiente de operações deste sistema de gestão. O sistema de processamento de eventos manipula os eventos relacionados com as operações. As operações do ambiente do sistema de gestão monitorizam os processos das operações mais críticas em termos temporais, através da correlação de eventos do CEI e reporta o estado ao *dashboard*. O *dashboard* mostra o estado dos processos de negócio, em termos de KPIs, e despoleta um alerta aos utilizadores finais. Numa aplicação típica de abordagem à adaptação, o adaptador captura os eventos do IT e reencaminha-os para a aplicação objetivo com o formato simples de uma conversação. O sistema trata da filtragem, da ordenação e da correlação desses eventos de baixo nível, de acordo com as regras de negócio pré-definidas. Tal tem que captar os dados objetivos correspondentes, várias vezes, através do adaptador, para formar o KPI. No adaptador proposto, temos diferentes módulos funcionais: i) gestor de eventos, ii) motor de pesquisa de dados, iii) módulo de regras do negócio e iv) transformação de dados. O gestor de eventos é responsável por capturar e analisar os eventos, invocando o motor de pesquisa de dados para obter os dados do negócio, de acordo com o módulo das regras do negócio. Utiliza o módulo de transformação de dados para formar os eventos do negócio, para que possam ser reencaminhados para o servidor de gestão do desempenho do negócio. Já o cálculo do KPI requer informação de diferentes aplicações e fontes de dados. Desta forma, os eventos ao nível do IT permitem que, em função das regras de negócio, os KPI sejam lidos e sejam devolvidas mensagens relativas ao negócio para o servidor de gestão do desempenho do negócio. Por essa razão, foi utilizado um IBM *WBI middleware adapter* com o objetivo de processar os eventos e um *SAP business event adapter* para providenciar os KPIs relacionados em tempo real e proceder à sua transformação, sendo estes consumidos no mecanismo projetado.

Associado a sistemas de apoio à decisão está o BAM, estudado por Wetzstein et al. [3] (Projeto 4), os quais pretendem analisar os fatores de influência que afetariam o desempenho dos processos de negócio, de forma a obterem uma observação contínua dos KPIs. Escolheram tal observação porque, quando os KPIs não atingem os valores alvo requeridos, a análise do negócio tem em conta os fatores que provocam esse desvio. O seu trabalho assentou no desenvolvimento de uma *framework* para a monitorização e análise desses fatores, dispersando-a em diferentes camadas: i) monitorização e ii) execução do processo de negócio. Na camada da monitorização, temos a informação acerca dos processos de negócio que estão a decorrer e dos serviços que interagem com a informação recolhida, com o objetivo de monitorizar os KPIs e as métricas *Question of Service* (QoS),

assumindo que o utilizador tem definido um conjunto de potenciais fatores influentes, que é necessário monitorizar, para um KPI que se pretende analisar mais tarde, ao qual corresponde a métrica em questão. Os KPIs e os seus potenciais fatores influentes consistem em ambas as *Process Performance Metrics* (PPMs) e nas métricas QoS, sendo estas modeladas como parte do *Process Metrics Definition Model* (PMDM). Com esta *framework*, além de serem fornecidas informações atualizadas da *dashboard*, acerca do desempenho do processo atual, é possível fazer a chamada análise de referência, uma análise aos principais fatores que influenciam o processo de negócio e que impedem o alcance do desempenho pretendido, sendo o resultado mapeado numa árvore de decisão.

Já Kang e Han [13] (Projeto 5) consideram a conceção de uma *framework* de desenho de um sistema BAM, considerando a sua integração com um *Process-based Performance Measurement Model* (PPMM), em que os indicadores de desempenho são relacionados com os processos de negócio e compostos por outros indicadores, mas de baixo nível. Para suportar os pressupostos envolvidos, os investigadores concluem que, se as medidas de desempenho não forem geridas de forma independente dos processos de negócio, o sistema BAM precisa de monitorizar os indicadores de desempenho, em termos de processos de negócio, focando assim o ciclo do BPM. Este é composto pelo processo de diagnóstico, pelo processo de desenho e pelo processo de execução. A fase de diagnóstico é focada nos processos que devem ser melhorados para atingir um objetivo específico de desempenho. Na fase do processo de desenho, os processos propostos são redesenhados e a avaliação do desempenho é conduzida. A fase de execução é focada na monitorização das atividades de negócio e no seu controlo contínuo para melhorar o desempenho. Durante a fase de execução do BPM, os autores concluem a sua experiência, sendo refletida nas operações do processo de negócio, através da integração deste PPMM com o sistema BAM desenhado. Para desenhar este sistema BAM, temos então a *framework* desenvolvida, cujo processo decorre em duas fases: i) levantamento preliminar de sistemas de informação empresariais existentes e ii) desenho do sistema BAM. É de notar que, para testar o sistema, são definidos e categorizados os eventos que devem ser monitorizados para seguir o estado da tendência dos indicadores selecionados ou dos processos de negócio no *dashboard*; sendo um evento definido como “um registo de uma atividade específica num sistema”, segundo Luckham [14], e categorizados como *technical* ou *business events*. Caso o processo de negócio seja executado sem o sistema BPM e o KPI calculado através da manipulação de dados na própria base de dados, esta manipulação é definida como um *technical event*.

O BAM é um tema importante neste estudo porque permite resolver o que o IT esconde, pois só costumamos ver a ponta do *iceberg*. Segundo Pauwels [15], permite ver a forma como os eventos afetam o progresso do negócio, ou das suas transações, as transações em tempo real e a tomada de decisões em tempo real, em resposta a eventos. Esta tecnologia pode traduzir-se num simples *dashboard* colorido, onde podemos ver a incidência dos diferentes tipos de eventos e analisar as

estatísticas do desempenho de um processo de negócio, podendo ser configuradas notificações automáticas.

Um estudo sobre gestão do desempenho, por intermédio de *dashboards*, envolve a posição dos gestores comerciais, sendo que os únicos benefícios dos *dashboards* provêm de publicações mensais. Segundo Velcu-Laitinen e Yigitbasoglu [2] (Projeto 6), os gestores e os diretores comerciais utilizam *dashboards* com propósitos muito restritos, como é o caso da monitorização, da resolução de problemas, da racionalização de custos, do alinhamento dos seus negócios com a missão da empresa e da garantia de consistência ao nível do negócio. Uma vez que a qualidade infere no conteúdo dos dados, há uma necessidade maior de estes serem utilizados em empresas com um maior número de funcionários, ou com um maior volume de negócios. Os autores consideram que os *dashboards* são ferramentas de gestão do desempenho, não se restringindo à monitorização, pois através do estudo realizado, pôde-se verificar uma forte relação entre os *dashboards* e a produtividade do utilizador. Assim como Kang e Han [13], ambos reforçam que, entre diferentes funcionalidades, as suas chaves acabam por não ser apenas a apresentação de informação com um bom aspeto, mas sim as notificações em tempo real, os vários tipos de informação dispersos pelo *dashboard* com várias camadas, com a presença da funcionalidade de *drill down*, as análises de cenários e uma análise do *benchmarking* externo. Contudo, as funcionalidades mais usadas foram a comunicação e a monitorização do desempenho, concluindo o estudo em como um ótimo ponto de partida para uma investigação futura seria o valor do negócio, na gestão do desempenho.

Em 2006, Yoo et al. [16] (Projeto 7) projetou e desenvolveu uma ferramenta de monitorização do progresso dos alunos da *Middle Tennessee State University*, em Murfreesboro (EUA), através da utilização dos conceitos de *treeview*. O seu objetivo era permitir que estudantes e professores pudessem encontrar problemas no entendimento dos conceitos aprendidos por parte dos alunos da universidade, disponibilizando algo interativo, como um simples *dashboard*, utilizando árvores *Alternating Decision Trees* (ADTs), um conceito de classificação, baseado em *machine learning*. Com a intenção de gerar um plano de estudo pessoal para cada estudante, a ferramenta de monitorização gráfica não era mais que um sistema tutorial *online*, que analisava o trabalho dos estudantes em cada laboratório e apresentava os resultados ao professor, para a sua aprendizagem ser monitorizada numa estrutura, de forma sistemática. Pelo desempenho dos alunos não ser área com maior visão para o *dashboard*, a sua projeção contemplou a sua aplicação a outros objetivos que pudessem ser medidos quantitativamente. No desenvolvimento do projeto em questão, foram tidos em conta dois tipos de desenho: o do sistema e o da *interface*. Para o desenho da *interface*, apenas foram tidas em conta as heurísticas de Nielsen, uma vez que se trata de um *dashboard* de simples visualização e utilização. Em termos de funcionamento do sistema, a primeira decisão a ser tida em conta foi perceber como organizar os conceitos base utilizados para ligar a questão e os componentes de avaliação do sistema. Os tópicos nos sistemas de informação são genericamente hierárquicos, sendo um conceito composto por subconceitos, que por sua vez são compostos por outros subconceitos. Desta

forma, a ferramenta seria usada para colocar questões nos planos de estudo dos estudantes e para ver os resultados das questões. É usado o *treeview* para criar uma representação visual e navegável dos conceitos em árvore, no *browser* do utilizador. Atendendo a tal, tanto professor como estudantes podem encontrar anormalidades através da localização do nó de nível superior, que não está a verde, podendo ver a árvore num qualquer nível, através do colapso ou da expansão dos nós nas respetivas árvores filhas, o que permitiu a conclusão do processo com bastante sucesso.

Para um melhor desempenho no negócio, o essencial é o conjunto formado pela medida efetiva e pela análise do desempenho das atividades de gestão da mesma, afirma Luckham [17]. Seguindo a mesma premissa, Kang e Han [18] (Projeto 8) consideram que um sistema BAM pode ser utilizado para a gestão do desempenho em tempo real, para uma empresa monitorizar as suas atividades e responder em tempo real. Uma vez que um sistema deste género monitoriza vários sistemas empresariais, simultaneamente, e mostra desvios num *dashboard*, no caso de os sintomas do problema serem identificados por regras pré-definidas, desenvolveram um procedimento para o desenho de um sistema deste género e comentam os resultados da sua implementação. Trata-se de uma empresa da indústria automóvel, que está dispersa mundialmente. A monitorização em tempo real para uma melhoria do desempenho no negócio de todos os escritórios é essencial, devido à rápida globalização e às alterações insurgentes. Uma vez que era difícil monitorizar e analisar os *business events*, devido à localização e à fonte dos sistemas de informação para as medidas do desempenho, o sistema BAM foi proposto com a solução mais promissora para completar todas as necessidades, tendo sido conduzido um projeto piloto.

Dos exemplos apresentados, é possível inferir que existe uma evolução tecnológica que é despoletada por questões económico-financeiras, mas que acaba por evoluir para uma melhoria contínua do bem estar e da evolução do ser humano. Neste sentido, Noyez [19] (Projeto 9) pretendeu rever os métodos mais usados no controlo de qualidade nos cuidados de saúde, especialmente em cirurgias cardíacas. Embora a sua área seja a cardiologia e não a gestão ou a informática, o investigador pretendeu estudar a utilidade de diferentes tipos de gráficos, utilizados em *dashboards*, para monitorizar o desempenho dos cuidados de saúde, como é o caso dos gráficos de controlo, gráficos do tipo *cumulative sum charts* (CUSUMs) e *funnel plots*. Como conclusão do estudo e da aplicação do *dashboard* desenvolvido, a análise dos CUSUMs foi a mais aceitável para a avaliação e para a monitorização dos processos médicos em questão. É de salientar que o aprofundamento do trabalho neste ponto não se compara a um estudo relativo à eficácia de um *dashboard* convencional, pelo que não deve ser avaliado da mesma forma.

Contudo, apesar dos avanços tecnológicos da ciência e da facilidade de utilização da tecnologia por cada indivíduo, ainda existe alguma reticência em questões circundantes à invasão da privacidade alheia e à coesão ética, o que leva a que a aceitação da ciência e da tecnologia nunca seja total. Pode-se pensar nos diferentes exemplos positivos acerca da sua utilidade, como é descrito nos parágrafos anteriores, mas ao envergar pelas casas inteligentes, o quadro pode não sair assim tão bem pintado.

Segundo um estudo conduzido por Zagler et al. [20] (Projeto 10), a utilização de sistemas *Ambient Assisted Living* (AAL), em particular, por parte das pessoas mais idosas, oferece um potencial enorme no aumento da sua segurança e da qualidade de vida que lhes é proporcionada, apesar da relutância e da ansiedade provocadas pela sensação de viver numa espécie de *Big Brother*. Este estudo permitiu avaliar os conflitos possivelmente criados entre a tecnologia, a aceitação, a ética e a privacidade, utilizando o universo das residências seniores com sistemas AAL. Os autores propuseram o desenho de diferentes protótipos diferentes, baseados em sensores e reatores, relativamente à monitorização do comportamento humano. Apesar da população gostar da ideia de ter um "anjo da guarda" tecnológico, jamais aceitará uma vigilância permanente, ao longo das 24 horas diárias. Muitos dos cidadãos vêem a tecnologia como algo positivo, mas a ansiedade e a possível ausência de ética na questão moral do controlo domina-os. Segundo o certificado de utilização dos protótipos, é necessário sacrificar alguma privacidade para ganhar segurança. A privacidade pode ser comprometida com o sustento de outros interesses, tais como a lei e a ordem ou a distribuição razoável dos benefícios sociais e dos custos. No entanto, por questões políticas, psicológicas e sociais, a privacidade é algo que deve ser valorizado e não subjugado por indicadores económico-financeiros. Por estas e outras razões, foram utilizados apenas sensores de iluminação e temperatura, tendo-se optado pela sua colocação junto aos interruptores. Após a sua aplicação, foram analisadas as tendências da população sénior, o que se revelou muito útil na deteção de desvios suspeitos, o que também é importante para a aferição do protótipo. Em causa estão as consequências da utilização dos dados de forma errada, mas, após algumas situações, os utilizadores acabaram por aceitar a tecnologia sem tal preocupação.

IV. CONCLUSÕES

As diferentes abordagens ao tema em epígrafe denotam a existência de uma linha ténue entre a escolha da metodologia para a concretização do modelo conceptual pretendido, a escolha da linguagem de modelação adequada, a opção pela *framework* empresarial que melhor se adapta ao caso de estudo objetivo e definição dos indicadores necessários.

Utilizando a *Framework* de Zachman para definir o modelo conceptual pretendido, consegue-se desenhar e definir os casos de uso, atividades e processos de negócio da arquitetura empresarial futura, definem-se os indicadores e concretiza-se o método de avaliação do trabalho, seguindo as diretrizes da metodologia DSR.

Os indicadores são métricas utilizadas para planear, executar e monitorizar as estratégias do negócio. De entre estes, salientam-se os de *performance* e os de controlo, os quais determinam a monitorização dos objetivos a cumprir e permitem a monitorização dos níveis de controlo relativos com determinada tolerância, usado em organizações. [5]

Utilizando uma mesma especificação para n modelos conceptuais, mudando apenas os indicadores e a ênfase dos casos de uso identificados, torna-se mais fácil a criação de valor pela perceção do negócio. Deste modo, consegue-se que o alinhamento entre os processos existentes e os requeridos seja

atingido com uma maior rapidez e conseqüentemente com uma maior taxa de sucesso [21], garantindo ainda um dos princípios de alto desempenho do IT. [22]

No entanto, apesar da clara e necessária utilização da tecnologia em detrimento da moral humana e dos direitos dos cidadãos em muitos casos estudados, a monitorização é um termo aparentemente essencial às organizações. Se se avaliar o mais simples caso de monitorização alheia não autorizada explicitamente pelos colaboradores em causa – monitorização da caixa de *e-mail* – temos uma lacuna criada entre os gestores de topo e os colaboradores de baixo *grade*, que sentem alguma invasão de privacidade. Os gestores de topo indicam que é extremamente importante que tal permaneça em prática, ao contrário dos colaboradores de baixo *grade*, por utilizarem o *e-mail* como ferramenta de comunicação entre os colegas de trabalho e não apenas para temas oriundos ao trabalho que desenvolvem.

Em 1997, segundo a *American Management Association* 14.9% dos *managers* incluídos na realização de um *survey* reportaram que viam as mensagens de *e-mail* enviadas pelos colaboradores que geriam. Em 2001, o estudo voltou a ser aplicado e o valor ascendeu para 46.5%, de onde é possível descrever uma curva de tendência positivamente crescente. Uma vez que a lei laboral americana não é clara a este respeito, tem havido forma de dar a volta à situação e os colaboradores, apesar de insatisfeitos, acabam por aceitar as referidas condições de trabalho. [23]

Por essa razão, conclui-se que a aceitação da tecnologia como meio de monitorização é muitas vezes caracterizada pelo detrimento do sentimento de invasão de privacidade. Por essa razão, torna-se urgente a revisão dos métodos de investigação aplicáveis ao universo pretendido, adaptados à realidade contemporânea, recorrendo a observações *in situ* devidamente justificadas, de forma a não menosprezar possíveis conflitos entre ética, a privacidade e a aceitação da tecnologia no nosso dia-a-dia. Apesar do sucesso dos diferentes projetos, só assim os produtos da reação poderão ficar satisfeitos, não só com os resultados do projeto, mas também com os seus resultados de *performance*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] K. Vidackovic, I. Kellner e J. Donald, "Business-oriented development methodology for complex event processing: demonstration of an integrated approach for process monitoring", Proceedings of the 4th ACM International Conference on Distributed Event-Based Systems, 111–112, ACM, 2010.

[2] O. Velcu-Laitinen e O. Yigitbasioglu, "The use of dashboards in performance management: Evidence from sales managers", The International Journal of Digital Accounting Research, 12 (18): 39–58, 2012.

[3] B. Wetzstein, P. Leitner, F. Rosenberg, I. Brandic, S. Dustdar, e F. Leymann. "Monitoring and analyzing influential factors of business process performance" Enterprise Distributed Object Computing Conference, 141–150, IEEE, 2009.

[4] T. Chieu e L. Zeng, "Real-time performance monitoring for an enterprise information management system", IEEE International Conference on e-Business Engineering, 429–434, IEEE, 2008.

[5] O. Yigitbasioglu e O. Velcu, "A review of dashboards in performance management: Implications for design and research", International Journal of Accounting Information Systems, 13 (1): 41–59, 2012.

[6] M. Lankhorst, "Enterprise architecture at work: modelling, communication and analysis", Springer, 2005.

[7] A. Hevner, S. March, J. Park e S. Ram, "Design science in information systems research", MIS Quarterly, 28 (1): 75–105, 2004.

[8] E. Vail, "Causal architecture: Bringing the zachman framework to life", Information Systems Management, 19 (3): 8–19, 2002.

[9] U. Dayal, M. Castellanos, A. Simitis e K. Wilkinson, "Data integration flows for business intelligence", Proceedings of the 12th International Conference on Extending Database Technology: Advances in Database Technology, 1–11, 2009.

[10] J. Lee, B. Kang, K. Shin e S. Kang, "Online process monitoring scheme for fault detection based on Independent Component Analysis (ICA) and Local Outlier Factor (LOF)", 40th International Conference on Computers and Industrial Engineering, 1–6, IEEE, 2010.

[11] T. McAvoy e N. Ye, "Base control for the Tennessee Eastman problem", Computers & Chemical Engineering, 18 (5): 383–413, 1994.

[12] S. Fu, T. Chieu, J. Yih e S. Kumaran, "An intelligent event adaptation mechanism for business performance monitoring", IEEE International Conference on e-Business Engineering, 558–563, IEEE, 2005.

[13] K. Han, S. Choi, J. Kang e G. Lee, "Business Activity Monitoring System Design Framework Integrated with Process-based Performance Measurement Model", Wseas Transactions on Information Science and Applications, 3 (7): 443–451, 2010.

[14] D. Luckham, "The power of events: An introduction to complex event processing in distributed enterprise systems", Springer, 2008.

[15] K. Pauwels, T. Ambler, B. Clark, P. LaPointe, D. Reibstein, B. Skiera, B. Wierenga e T. Wiesel, "Dashboards and marketing: why, what, how and what research is needed?", Cambridge, MA: MSI Report, 8–203, 2008.

[16] J. Yoo, S. Yoo, C. Lance e J. Hankins, "Student progress monitoring tool using trewwiew", ACM SIGCSE Bulletin, 38: 373–377, 2006.

[17] D. Luckham, "The beginnings of it insight: business activity monitoring", unpublished, 2004.

[18] J. Kang e K. Han, "A business activity monitoring system supporting real-time business performance management", 3rd International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, 1: 473–478, 2008.

[19] L. Noyez, "Control charts, Cusum techniques and funnel plots A review of methods for monitoring performance in healthcare", Interactive cardiovascular and thoracic surgery, 494–499, European Association for Cardio-Thoracic Surgery, 2009.

[20] W. Zagler, P. Panek e M. Rauhala, "Ambient assisted living systems – The conflicts between technology, acceptance, ethics and privacy", Dagstuhl Seminar Proceedings, Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum für Informatik, 2008.

[21] N. Ayachitula, M. Buco, Y. Diao, S. Maheswaran, R. Pavuluri, L. Shwartz e C. Ward, "IT service management automation – A hybrid methodology to integrate and orchestrate collaborative human centric and automation centric workflows", IEEE International Conference on Services Computing, 574–581, IEEE, 2007.

[22] R. Dvorak, E. Holen, D. Mark e W. Meehan, "Six principles of high-performance IT", McKinsey Quarterly, 164–179, 1997.

[23] E. Robinson, "Big brother or modern management: E-mail monitoring in the private workplace", In The Labor Lawyer, 17 (2): 311–326, 2001.

Incorporando tecnologia nos processos educacionais: uma proposta de extensão do modelo “Technology, Pedagogy, and Content Knowledge” com aplicação de Competências Cognitivas Integradas

Incorporating technology into education processes: proposal for an extension of the “Technology, Pedagogy, and Content Knowledge” framework by applying Integrated Cognitive Competencies

João Carlos Wiziack

Sistemas de Informação e decisão/Ciências da Comunicação
NOVA IMS – Information Management School/Escola de
Comunicações e Artes
Lisboa, Portugal/São Paulo, Brasil
jwiziack@uol.com.br

Vitor Duarte dos Santos

Sistemas de Informação e decisão
NOVA IMS – Information Management School
Lisboa, Portugal
vsantos@novaims.unl.pt

Abstract — The ongoing communicational transformation brought on by digital technology and the increasing imbrication of reticular ecosystems amplify their effects and changes in social life, defining new relationship configurations. The practices and trends of incorporating Information and Communication Technology (ICT) into education, published in the past five years, points to a trend of simply transposing everyday ICT into school processes, without taking into account the necessary pedagogical, technical and conceptual adjustments, nor other factors of the educational complexity. This paper presents an alternative application of an extension to TPACK (technology, pedagogy, and content knowledge) framework model with CCI (integrated cognitive skills) application for incorporation of technology in the educational process as a way of overcoming these difficulties. The combined application of technological and pedagogical skills in this hybridized model allows the enhancement of learning processes by thinking of education and technology as integrated tools, becoming absolutely vital for better understanding, rethinking and reformulating syllabi, educational policies and practices so as to improve teaching processes.

Palavras-chave - *competências; tecnologia; educação; pedagogia; aprendizagem.*

I. INTRODUÇÃO

A discussão da complexidade do processo educativo contemporâneo em sua forma presencial, entendida como escola tradicional, carece ainda de reflexões com vistas ao desenvolvimento de ideias e competências para a adequada aplicação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) de modo que haja sintonia entre o conteúdo pedagógico e o conhecimento tecnológico.

Recente estudo da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) aponta que o uso de tecnologia, assim como equipar massivamente os alunos e as salas com dispositivos eletrônicos, não basta para melhorar o desempenho escolar: como se verifica na última edição do Programa Internacional para Avaliação de Estudantes (PISA, 2012)¹, alguns países investiram muito em infraestrutura e não obtiveram uma melhora correspondente dos resultados relativos a compreensão escrita, matemática e ciências.

Keywords - *competences; technology; education; pedagogy; learning.*

Resumo — A transformação comunicacional em curso com as tecnologias digitais e o imbricamento cada vez mais amplo dos ecossistemas reticulares aprofunda efeitos e transformações na vida social, definindo novas formas de relacionamento. Publicações dos últimos cinco anos sobre práticas e tendências de incorporação de TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação) na educação apontam a tendência de simples transposição das TIC utilizadas na vida social para dentro dos processos escolares, sem levar em conta a necessária adequação pedagógica, técnica e conceitual e tampouco os demais fatores envolvidos na complexidade educacional. Este artigo apresenta uma alternativa com aplicação de uma extensão ao modelo TPACK (technology, pedagogy, and content knowledge) framework com aplicação de CCI (competências cognitivas integradas) para incorporação de tecnologia nos processos educacionais, como forma de superação dessas dificuldades. Neste modelo híbrido, a aplicação combinada de competências tecnológicas e pedagógicas permite a potencialização dos processos de aprendizagem ao pensar educação e tecnologia de forma integrada, tornando-se assim vital para melhor entender, repensar e reformular currículos, práticas e políticas educacionais, bem como o processo de ensino.

Em seu trabalho a *Pele da Cultura* [1], Kerckove assinala que a tecnologia exige preparação para assimilação: assim como ocorreu com o fax, que levou algum tempo para ser absorvido, também a realidade virtual aguarda um espaço em nossa “psicologia coletiva” até que possa ser assimilada. O autor afirma ainda que uma forma de nos vingarmos da dependência dessas “psicotecnologias”, termo que utiliza para defini-las, é integrá-las na nossa vida. Assim, conclui, um “novo ser humano estará nascendo”. Consequentemente, pode-se concluir também que uma nova educação deva nascer ou, em linha com sua complexidade, renascer e se integrar ao novo habitat tecnológico.

A literatura internacional corrente oferece uma série de diferentes aplicações tecnológicas para uso em sala de aula, desde o uso de PowerPoint, áudio e vídeo podcasts a metodologias isoladas de um modelo pedagógico, muito úteis

¹ O Banco Internacional de dados do PISA (Program for International Student Assessment) registra conhecimentos e habilidades dos alunos próximos do final da escolaridade obrigatória, não sendo, portanto, um teste escolar convencional. Objetiva examinar quão bem os estudantes estão preparados para a vida além da escola e não como aprenderam o currículo. Traduzido de www.pisa2012.acer.edu.au/interactive_results.php

até para emprego interdisciplinar, cabendo, entretanto, ao docente a correta aplicação coerente com o respectivo projeto pedagógico [2], [3], [4]. Isso corrobora o entendimento de que os desafios para o uso tecnológico na educação vão além da infraestrutura e das habilidades no uso das TIC.

Há dúvidas sobre se as recentes inovações estão sendo usadas efetivamente e de que forma os professores estão se comportando em sua adoção. Jones [5] em artigo de 2009 já sugeria que as novas tecnologias educacionais costumavam ser radicais, de alto risco, caras e tendiam a ser pouco usadas e de forma inapropriada, destacando ainda que o importante seria o *quanto e como* são utilizadas (grifo nosso). Há ainda relatos sobre resistências e queixas de aumento de carga de trabalho por parte dos docentes, contudo, se as práticas de ensino forem implantadas de forma sistematizada, eles obtêm ganhos de eficiência e tempo, com potencial melhoria na compreensão e satisfação dos alunos [6].

Isto significa que é essencial usar as tecnologias de modo adequado e compatível com a prática pedagógica, visando a melhoria do processo de aprendizagem, e para isso necessitamos superar os desafios referentes a potencializar a adoção tecnológica nessa direção. Para tanto, é preciso compreendermos o estágio de descompasso do fazer pedagógico no contexto da evolução acelerada da tecnologia e examinarmos propostas de compatibilização que possam ajudar nessa corrida contra o atraso.

II. CONEXÕES ENTRE FILOSOFIAS, TEORIAS DE APRENDIZAGEM E TIC

O construtivismo será tomado aqui como exemplo pois aparece como a teoria de aprendizagem mais aceita (porém não necessariamente mais aplicada) no cenário educacional mundial. Como referência, apenas nas bases Science Direct, Eric e EBSCO existem cerca de 161 estudos sobre construtivismo publicados no período de 2002 a 2013 [7].

Na teoria piagetiana, cada aluno constrói sua própria aprendizagem em um processo de dentro para fora, em que experiências de fundo psicológico colocam em interação sujeito e objeto². Nessa concepção epistemológica entende-se que ao aprender o aluno vai além de uma simples reprodução e efetivamente constrói significados para suas experiências, além de estabelecer relações entre o que está aprendendo e o que já sabe. Em consequência, segundo a abordagem construtivista o conhecimento não é uma cópia da realidade, mas sim uma construção do ser humano [9]. No construtivismo de Piaget e Vygotsky, “o professor é um mediador entre o conhecimento (objeto) e o aluno (sujeito), favorecendo a relação dialética entre ambos” [10].

Um bom entendimento de aplicações tecnológicas à educação exige que o docente domine previamente a compreensão das fundamentações pedagógicas para estabelecer adequadamente as relações com o ensinar

instrumentalizado pelas TIC, pois diferentes tipos de conhecimento pedem diferentes respostas construtivistas e não há um modelo padrão de ação [11].

As situações controladas de Ensino oferecem a oportunidade de aplicação, reflexão e aprendizagem individualizada e autocontrolada, porém dentro de um ambiente de aprendizagem construtivista [12], pois os resultados são mais positivos quando orientados pedagogicamente [13] e conduzidos em linha com os respectivos papéis no processo, conforme o Quadro 1.

QUADRO 1. CONSTRUTIVISMO DE PIAGET E VYGOTSKY

Fundamentação filosófica	Conhecimento é construção do Ser Humano no tempo e em relação dialética com o objeto. Inter-relações são consideradas pelo próprio Piaget como Kantismo evolutivo, entretanto, invertendo o apriorismo com construtivismo e o reconhecimento da afetividade [14], [15].
Fundamentação pedagógica	Aprendizagem ativa, social e criativa. Interdependência e interação entre sujeito cognoscente e objeto a conhecer. Aprendizagem envolve mudança [16], [17], [18], [19].
Papel discente	Construtor da aprendizagem. Participante e colaborador ativo. Interação dinâmica com a mídia extensiva. Interesse, habilidade em utilizar informação já conhecida para estabelecer relações necessárias para a sequência da aprendizagem. Utilização de técnicas metacognitivas de aprender a aprender [9], [20].
Papel docente	Mediador entre o conhecimento (objeto) e o aprendente (sujeito): influenciar ou criar condições motivadoras para os alunos; criar situações-problema; fomentar aquisição e recuperação de conhecimentos prévios; criar o processo e não o produto da aprendizagem [10].
Papel das TIC	Extensão do sujeito construtor. Buscar e processar informações sendo facilitador e coautor da construção [21], [22].

Piaget [16] observa que a abordagem comportamentalista ou behaviorista, desenvolvida por Watson e Skinner, tem como base os conceitos de estímulo e resposta, ao estudar o ser humano como resultado das associações estabelecidas entre estímulos do meio e as respostas produzidas pelo seu comportamento. Skinner considerou os estímulos ou *inputs* e as respostas observáveis ou *outputs* observando apenas as relações diretas, sem preocupação com as conexões internas.

O mais claro exemplo de utilização tecnológica comportamentalista na educação foi a adoção da instrução programada como aplicação do condicionamento operante, técnica que parcela os conteúdos em etapas de respostas fáceis e crescentemente encadeadas, sendo o processo de aprendizagem reforçado por respostas imediatas cujos acertos são recompensados [16]. No comportamentalismo, a aprendizagem se concretiza pelo fazer e repetir. Um clássico exemplo são os diversos tipos de simuladores, sobejamente utilizados em aprendizagens técnicas mais complexas, assim como também o e-learning, cuja epistemologia tem sido estudada pelos pesquisadores desde o início dos anos 1970 [23]. Uma das principais bases consideradas pelos behavioristas é que a aprendizagem ocorre de fora para dentro, de forma incremental a partir da facilidade de

² A extensa literatura sobre o construtivismo aborda suas várias formas, notadamente o educacional, filosófico e o sociológico. Este texto apoia-se na concepção epistemológica do conhecimento como construção do sujeito e não algo recebido passivamente do meio [8, p. 3], acessado em: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A06.pdf>.

repetição e recompensa. O conhecimento visto sob este prisma seria uma reprodução da realidade [24].

Por outro lado, a Psicologia cognitiva, contrapondo-se ao behaviorismo, está centrada no processo de “compreensão, transformação, armazenamento e utilização das informações envolvidas no plano da cognição” [25, p. 101]. Assim, propõe a analisar a mente e a cognição e como é dado início ao mundo de significados. O e-learning, cuja aprendizagem dá-se em uma forma predominantemente solitária e introspectiva de estudo, é um exemplo tecnológico dessa aplicação.

O Humanismo, conforme as teorias de Maslow e Rogers, contribui para o estudo da aprendizagem ao levar em conta fatores motivacionais e o senso de responsabilidade dos alunos. Guey, Oheng e Shibata [26] apontam que Maslow e Rogers, com suas teorias da hierarquia das necessidades e da centralidade no aluno, respectivamente, demonstraram que a aprendizagem humanística difere do cognitivismo pois coloca foco nas necessidades e valores individuais, privilegiando as razões da aprendizagem em lugar do como e o que aprender. Nessa linha, a espontaneidade dos aprendentes é aflorada pelo suceder e busca de conhecimentos, e também quando se permite que assumam a responsabilidade pela aprendizagem.

III. NOVAS COMPETÊNCIAS PARA UM NOVO AGIR NA ESCOLA

As formas de comunicação humana, sobejamente influenciadas pela internet e suas derivações conectivas, estão permitindo acesso e participação nas várias instâncias e fatos sociais e políticos, produzindo uma nova maneira de ser, de se comportar e de aprender. Paulo Freire já mostrava a força da ideia de “educação como prática da liberdade” ao dizer que “ninguém ensina ninguém, nem ninguém se educa a si mesmo, os homens se educam em comum mediados pelo mundo” [27, p.164]. O fazer pedagógico da escola permaneceu atrelado a simples escolhas e aplicações técnicas até que o comportamento social foi sendo claramente influenciado mais pela natureza dos media, por meio dos quais os homens se comunicam, do que pelo conteúdo da comunicação [28].

O presente estudo trabalha no contexto da educação como complexidade, e portanto consideramos que se deve levar em conta no encorajamento da adoção de TIC a interdisciplinaridade entre o saber pedagógico, o conteúdo do conhecimento, o conhecimento e habilidades tecnológicos e as condições gerais de infraestrutura e prontidão geral do ambiente educacional [29]. Isso inclui também o conceito dos *compromissos epistemológicos* (grifos nossos) como padrões avaliativos para julgar o mérito do conhecimento, tais como sua generalização, utilidade e consistência interna nas aplicações tecnológicas [30].

No interior dessa complexidade observa-se a nova condição habitativa entre sujeito e meio ambiente apontada por Di Felice. Além de econômica, política e social, esta abordagem apresenta-se como uma questão filosófica e assim torna-se necessária não somente para a “compreensão plena da nossa condição contemporânea, mas também para repensar, a partir de um ponto de vista histórico mais amplo, a relação entre o homem e o mundo ao seu redor” [31, p. 21]. Esse é mais um forte estímulo ao saber e à renovação

educacional a partir de novas construções do presente em benefício do cidadão planetário. Não se trata, portanto, apenas de usar as novas tecnologias na educação, mas sim de enxergá-las para além de um valor instrumental, como actante³ de um processo colaborativo para a mudança da visão humanocêntrica. Isto exige, portanto, uma reconfiguração dos valores e atitudes para a composição de um novo perfil de competências docentes.

Sob este olhar, o uso da tecnologia nos processos educacionais elimina discussões acadêmicas acerca das teorias desenvolvidas ao longo do século XX e as coloca no contexto das novas competências advindas com a revolução comunicativa digital. Apenas como exemplo, quando fazemos uma busca na internet, criação de texto no Word, discussão em fórum Moodle, aula em vídeo conferência, trabalho em equipe pelo Skype, aplicação de um jogo eletrônico ou utilização de um aplicativo simulador, enfim, trabalhando em ambiente virtual de aprendizagem, há um trânsito natural e automático pelas várias teorias já mencionadas, e obviamente pelo conectivismo.

Não há um modelo único de aplicação tecnológica a ser seguido especificamente para determinadas teorias e sim uma variação nas situações de ensino-aprendizagem em função da competência direcionada ao agir mais adequado nas diversas situações.

A Internet como espaço democrático acolhe a multiplicidade de ideias, inclusive as que são embasadas no senso comum e que podem estar munidas de preconceitos, equivocados, distorções ou desprovidas de valor e que, para alguns sujeitos, tornam-se verdades. Se por um lado a internet transforma-se em narrativa que possibilita a convivência e complementação ao pensamento científico [33], por outro, pode significar alienação e distanciamento do bom senso e da reflexão, tornando-se, conforme Spaniol [34], a “mosca presa no vidro” de Wittgenstein. Daí o papel docente na mediação!

IV. APLICAÇÃO DE COMPETÊNCIAS COGNITIVAS INTEGRADAS PARA INCORPORAÇÃO DE TECNOLOGIA NOS PROCESSOS EDUCACIONAIS: UMA PROPOSTA DE EXTENSÃO AO TPACK FRAMEWORK

Questões essenciais a considerar no contexto do cenário apresentado pelo referencial teórico em estudo:

- Estabelecer os conceitos pedagógicos convergentes que poderiam ser aplicados na prospecção de uma pedagogia ciborgue que melhor se adapte à educação hoje e para o futuro, considerando os diversos ciclos educacionais e suas respectivas especificidades.
- Pensar em um modelo de Ensino que permita a potencialização da aprendizagem por meio da adoção planejada de tecnologia no processo educativo considerando os desafios sociais e institucionais da escola, bem como a

³ Palavra-conceito adotada por Bruno Latour em “Ciência e ação” ao explicar o valor do arsenal de “coisas”, instrumentos e tecnologias que estão por trás das descobertas e atos científicos; vide Latour [32, p. 130-137].

reinterpretação e preparação dos docentes por meio da renovação dos currículos e competências.

Entende-se como avanço na direção das melhores respostas a estas questões um projeto de efetiva utilização tecnológica, em sintonia com objetivos pedagógicos e de forma estrategicamente planejada.

A conectividade como fenômeno comunicativo surge como elemento pedagógico essencial a ser considerado nas adoções tecnológicas para a educação, notadamente quanto às TIC. As discussões em torno do conectivismo de Siemens como teoria de aprendizagem e suas contestações acadêmicas não importam, como mostra o próprio autor em resposta às críticas de Verhagen, ocasião em que reafirma os pressupostos essenciais anunciados em 2004 na apresentação de sua teoria (apud Mota [35], tradução de Mota e grifos nossos):

1. O conectivismo é a aplicação de princípios das redes para definir tanto o conhecimento como o *processo de aprendizagem*. O conhecimento é definido como um padrão particular de relações e a aprendizagem como a criação de novas conexões e padrões, por um lado, e por outro a capacidade de manobrar através das redes e padrões existentes.
2. O conectivismo lida com os princípios da aprendizagem em vários níveis – biológico/neurais, conceptuais e sociais/externos.
3. O conectivismo concentra-se na inclusão da tecnologia como parte da nossa *distribuição de cognição* e de conhecimento. O nosso conhecimento reside nas conexões que criamos, tanto com outras pessoas quanto com fontes de informação, como bases de dados.
4. Enquanto as outras teorias consideram parcialmente o contexto, o conectivismo reconhece a *natureza fluida do conhecimento e das conexões com base no contexto*.
5. Compreensão, coerência, interpretação (sensemaking), significado (meaning): estes elementos são proeminentes no construtivismo, menos centrais no cognitivismo, e estão ausentes no behaviorismo. Mas o conectivismo argumenta que são elevados a um patamar crítico de importância com o *fluxo rápido e a abundância de informação*.

As novidades conceituais propostas pelo conectivismo de Siemens vão de encontro a preocupações com a renovação dos conhecimentos e, principalmente, com a utilização adequada dos princípios pedagógicos pelos docentes em linha com os projetos e currículos escolares. De forma geral, a formação tradicional dos docentes tem sido centrada nos conteúdos disciplinares, enquanto a pedagogia é vista de forma genérica e desagregada desses conteúdos [36].

O processo de aprendizagem diretivo unilateral, em que o professor diz e o aluno ouve, anota, decora e repete, e no qual a preocupação docente limita-se ao conhecimento que o

professor deve ter da matéria lecionada, ainda é uma realidade em muitos ambientes educacionais.

Há grande potencial para atualização e desenvolvimento de modelos e recursos instrucionais a fim de configurar uma pedagogia em linha com as novas formas de aprender e que não se limite aos espaços presenciais em sala de aula, ao apego excessivo do direcionamento de professores e livros, sem que sejam tampouco dependentes unicamente das TIC.

Nesse sentido, um dos principais parâmetros referenciais são os estudos de Koehler e Mishra [37], da Michigan State University, descrevendo um modelo esquemático do conhecimento tecnológico de professores para integração aos processos docentes, que atualmente é conhecido pela sigla TPACK (technology, pedagogy, and content knowledge – em inglês, tecnologia, pedagogia e conhecimento do conteúdo).

Mishra e Koehler [37], inspirados nos conceitos pedagógicos de Shulman [38], inovaram ao apresentarem o modelo TPACK considerando o conhecimento pedagógico e tecnológico agregados ao conteúdo a ser lecionado. Para os autores, a adoção e utilização tecnológica nas atividades de ensino aprendizagem devem constituir-se em conhecimentos aplicados de forma diferenciada e integrada em função dos conteúdos disciplinares, conforme ilustra a Fig. 1.

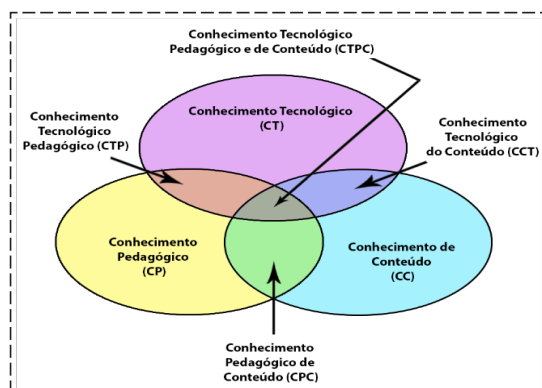


Fig.1. Adaptação do modelo TPACK framework e os componentes de conhecimento de Koehler e Mishra [37].

Os autores consideram esses fatores críticos para o sucesso da aplicação tecnológica na educação, o que os torna inteiramente úteis ao presente estudo. Esta aplicação metodológica é descrita como evolução de integração entre três campos de conhecimento: conteúdo, pedagogia e tecnologia, apresentados em uma série de trabalhos publicados pelos autores até chegarem ao modelo atual, mostrando a interação entre TCK (technological content knowledge) e TPK (technological pedagogical knowledge). Neste modelo, é essencial a integração dos seguintes fatores para a adoção tecnológica na educação:

- Conteúdo: conhecimento dos conteúdos instrucionais aplicados nos programas educacionais.

- Pedagogia: aplicação em sintonia entre tecnologia e conceitos pedagógicos.
- Tecnologia: conhecimentos tecnológicos para integração de conteúdos e forma pedagógica de aplicação.

A proposta oferecida no presente estudo consiste em adicionarmos ao modelo TPACK o conceito de competências, tendo em vista que o novo ambiente em transformação, além de conhecimentos, exige a incorporação de novas habilidades e atitudes ao perfil docente.

É preciso reconfigurá-lo para o sentido de um *saber agir responsável*, que implica em mobilizar, integrar, transferir conhecimentos, recursos e habilidades e agregar valor ao ambiente em transformação acelerada [39], [40]. Prahalad e Hamel [41] afirmaram que essas são as competências-chave que justamente distinguem as organizações vencedoras e que devem ser vistas como ativos a serem constantemente desenvolvidos pela aprendizagem contínua, *organizada e buscada intencionalmente*, o que as caracteriza como competências cognitivas.

Neste sentido, o modelo TPACK pode ser ampliado para conter habilidades, atitudes e valores conforme Figs. 2 e 3.

- Conhecimento tecnológico + habilidades tecnológicas
- Conhecimento pedagógico + habilidades pedagógicas
- Conhecimento do conteúdo + habilidades do conteúdo

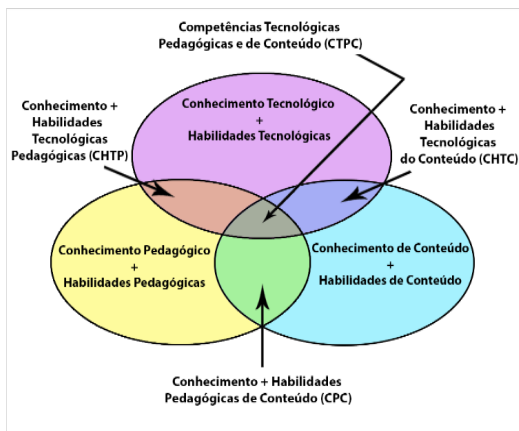


Fig. 2. Modelo TPACK estendido.

O modelo estendido pretende mostrar que os 3 elementos de Koehler e Mishra devem ser entendidos como *competências cognitivas integradas* na incorporação adequada dos elementos tecnológicos, de modo que possam bem embasar as estratégias pedagógicas específicas para cada disciplina ou objetivo de aprendizagem considerados em seus objetivos e explicitados na prática. Vistos *isoladamente*, os

conhecimentos não geram resultados pedagógicos adequados e traduzem parte da realidade presente na educação atual.

As transformações sociais decorrentes da revolução digital afetaram a todos nós, e isso inclui os docentes, aprendentes no grande desafio para darem conta da atualização tecnológica desenvolvendo habilidades nas quais não foram formados, mas que representam recursos instrucionais essenciais para a docência em novos tempos. Além disso, a necessária mudança comportamental para a reformulação de atitudes e valores do novo habitat planetário completa a trajetória de passagem do TPACK para o modelo estendido, conforme Fig. 3.

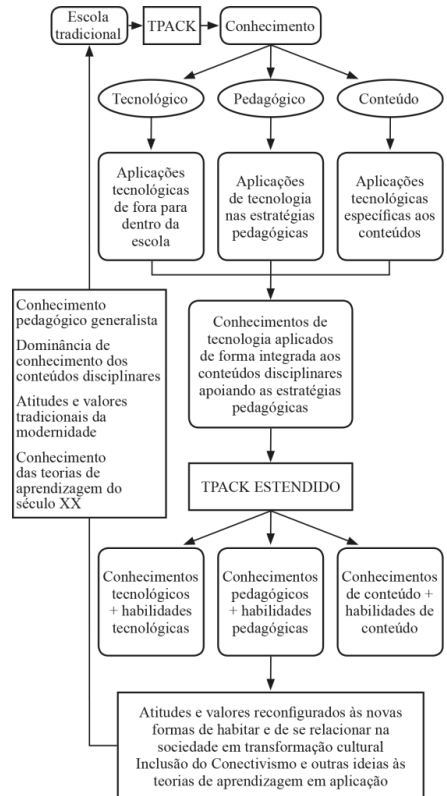


Fig. 3. Do TPACK para o modelo estendido CCI – competências cognitivas integradas.

Este perfil transformador implica *no fazer* por meio da ação realizadora [42] dos docentes, na adoção de postura de pesquisa para a geração de uma epistemologia baseada na experiência e prática e que valorize a geração de competências cognitivas integradas para o cumprimento desta missão. Contribuir na construção do saber educacional é ir além do que foi elaborado por outros, demonstrando o perfil de professor reflexivo e crítico [43], superando as dificuldades naturais e estruturais de sua trajetória docente, por meio do perceber, pensar sobre a informação, aprender e criar conhecimento de sua prática.

A complexidade da educação e sua prática pedagógica não podem ser tratadas como ações unidirecionais dentro do novo ambiente em constante transformação tecnológica e social. O conhecimento está nas redes de redes, entre os docentes, pesquisadores e protagonistas de suas próprias ações, bem como entre os responsáveis pelas políticas públicas – dentre os quais, inúmeros educadores – visando os melhores resultados em benefício de uma sociedade planetária.

É essencial que a adoção tecnológica siga de forma estrategicamente planejada para que seja possível o sucesso de um grande empreendimento do porte da educação. O sentido estratégico significa o “melhor caminho” para as ações planejadas, como apontam os estudos de Kaplan e Norton [44] e os de Becker, Huselid e Ulrich [45], ambos alinhando estratégias, ações e pessoas, além de Shenhar, Dvir, Levy e Maltz [46], justificando o conteúdo estratégico proposto na adoção tecnológica para que sejam atingidos resultados no realinhamento educacional. Para tanto, valoriza-se atividades e decisões com efeitos no dia a dia, mas também com benefícios de longo prazo. A questão educacional é um grande

características institucionais. Estão disponíveis na literatura específica alternativas de uso consagrado para tais objetivos: TOE – Technology, Organizational and Environmental Framework [47], Institutional Terry [48] e UTAUT – Unified theory for Acceptance and Use of Technology [49].

De acordo com Christensen e Scott [50], Scott [51] citado por Oliveira e Martins [52], e Powell e DiMaggio [53], o ambiente institucional apresenta fatores significativos na formatação da estrutura e de ações organizacionais cujas decisões não são puramente guiadas por objetivos racionais de eficiência, mas também pelos fatores sociais e culturais que levam a processos que devem ter a mesma forma em outros setores com o mesmo quadro de condições.

V. DISCUSSÕES

Certamente o tema em foco permite inúmeros desdobramentos conceituais em linha com a constante mutação tecnológica. Parece-nos que há amplo espaço para desenvolvimento de estudos que considerem competências docentes, institucionais, pedagógicas e institucionais de forma a produzir uma tecnologia educacional integrada, capaz de impulsionar o processo de aprendizagem pelo uso intencional da tecnologia planejada sob medida para os projetos pedagógicos escolares.

A proposta extensiva das Competências cognitivas integradas ao TPACK deixa mais claro e explicitado o conceito inovador de Koehler e Mishra [37], reforçando a base pedagógica inspirada em Shulman [38]. A conectividade como fenômeno comunicativo é o elemento tecnológico pedagógico fundamental na utilização das TIC nos processos de ensino aprendizagem, cujos resultados somente são produzidos com a prática dos conhecimentos e das habilidades nas manobras por meio das redes [20].

Pretendemos avaliar, em trabalhos próximos, a pertinência e utilidade prática da extensão que propomos e examinar de que forma a adoção de um modelo híbrido poderá apresentar novas contribuições para o objetivo de que a tecnologia, se utilizada adequadamente, possa exercer um papel de eficácia construtiva. Pretendemos também produzir, com base neste modelo, um conjunto de recomendações que possam ser incorporadas nas práticas pedagógicas dos professores, bem como nas práticas formativas. Finalmente, desejamos que os resultados alcançados possam influenciar a formulação das políticas públicas no âmbito da Educação.

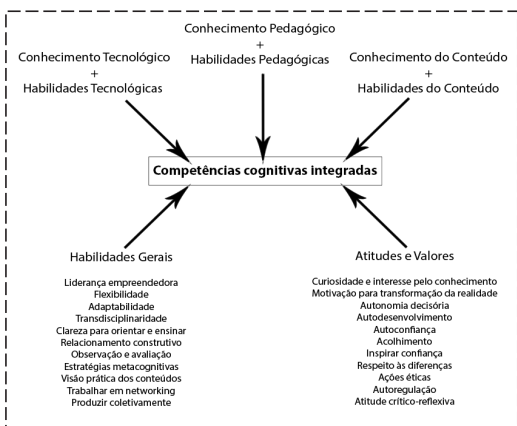


Fig.4. Perfil docente de Competências cognitivas integradas (CCI)

processo que exige a construção do futuro saindo imediatamente de uma situação de atraso.

A lista de predicados formativos para a docência é grande e mesmo assim representa um perfil incompleto, tendo em vista que no aspecto tecnológico a atualização constante é obrigatória. Por outro lado, e como consequência, as transformações sociais são dinâmicas. A Fig. 4, a seguir, é apenas um perfil a ser considerado e respeitado pelos atores envolvidos como proposta reflexiva.

Para criar um modelo conceitual de adoção/aceitação, restaria a complementação com outras propostas que contemplem a organização de variáveis ligadas ao comportamento favorável ao uso tecnológico, bem como às questões de infraestrutura tecnológica e prontidão de uso e

REFERÊNCIAS

- [1] D. D., Kerchove, A pele da cultura. São Paulo: Annablume, 2009.
- [2] K. P. Brady, L. B. Holcomb e B. V. Smith, “The use of alternative social networking sites in higher Educational settings: a case study of the e-learning benefits of learning in education,” Journal of Interactive Online Learning, vol. 9(2), pp. 151-170, Summer 2010.
- [3] R. Craig e J. Amenic, CEO speak the language of corporate leadership. Montreal: McGill – Queen’s University Press, 2006.
- [4] J. Copely, “Audio and video podcast of lectures for campus-based students: production and evaluation of student use,” Innovations in Education & Teaching International, vol. 44(4), pp. 387-399, 2007.
- [5] B. Jones, “Motivating students to engage in learning: the music model of academic motivation,” International Journal of Teaching & Learning In Higher Education, vol. 21(2), pp. 272-285, 2009.

- [6] C. Willis, C. Kestell, S. Grainger e D. Missingham, Encouraging the adoption of education technology for improved student outcomes. Adelaide (Australia): The University of Adelaide, 2013. Technical paper.
- [7] N. Gunduz e C. Hursen, "Constructivism in Teaching and Learning: Content Analysis Evaluation," *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, vol. 191, pp. 526-533, 2015.
- [8] C. N. Hani e N. M. V. Bizzo, Formas de construtivismo: mudança conceitual e construtivismo contextual, 1999. Recuperado em 04 de abril de 2016, de <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/iienpec/Dados/trabalhos/A06.pdf>
- [9] M. Carretero, A construção do conhecimento escolar: problemas atuais do construtivismo. Da teoria à prática. Barcelona, 1997. terras.edu.br
- [10] T. Weiz, O diálogo entre o ensino e a aprendizagem. São Paulo: Ática, 2002.
- [11] D. Perkins, "The many faces of constructivism," *Educational Leadership*, vol. 57(3), junho 1999.
- [12] C. Angeli e N. Valanides, "Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge (TPCK)," *Computers & Education*, vol. 52(1), pp. 154-168, janeiro 2009.
- [13] T. Chad, K. Philip, S. Claiton, R. Ahamad e Z. Lin, "You can lead a horse to water but you cannot make him learn: smartphone use in higher education," *British Journal of Educational Technology*, vol. 46(4), pp. 713-724, junho 2014.
- [14] B. Freitag, "A Questão da moralidade: da razão prática de Kant à ética discursiva de Habermas," *Tempo Social – Rev. Sociol. USP*, vol. 1(2), pp. 7-44, 1989.
- [15] Z. Ramozzi-Chiarottino, Em busca do sentido da obra de Jean Piaget. São Paulo: Ática, 1994.
- [16] J. Piaget, *Psicologia e Pedagogia*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.
- [17] L. Macedo, *Ensaio construtivistas*. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.
- [18] Y. de La Taille, *Ensaio sobre o lugar do computador na educação*. São Paulo: Iglu, 1990.
- [19] F. Becker, Da ação à operação: o caminho da aprendizagem; J. Piaget e P. Freire. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 1997.
- [20] Chin-Chung Tsai, "Beyond cognitive and metacognitive tools: the use of the Internet as an 'epistemological' tool for instruction," *British Journal of Educational Technology*, vol. 35(5), pp. 525-536, setembro 2004.
- [21] G. Siemens, *Connectivism: a learning theory for the digital age*. 2005. Recuperado em 04 de abril de 2016, de http://www.itdl.org/journal/jan_05/article01.htm.
- [22] A. Lemos, A comunicação das coisas: teoria ator-rede e cibercultura. São Paulo: Annablume, 2013.
- [23] G. Marshall e M. J. Cox, "Research methods; their design, applicability and reliability," in *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, J. Voogt e G. Knezek (eds.). Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 2008, pp. 983-1002.
- [24] C. Dede, "Theoretical perspectives influencing the use of information technology in teaching and learning," in *International Handbook of Information Technology in Primary and Secondary Education*, J. Voogt e G. Knezek (eds.). Springer Science+Business Media, 43-62, LLC, 2008.
- [25] J. A. S. Santos, "Teorias da Aprendizagem: comportamentalista, cognitivista e humanista," *Revista Científica Sigma*, 2006. Recuperado em 14 de outubro de 2015, de Blogs.virtual.ufc.br
- [26] C. Guey, Y. Oheng e S. Shibata, "A triarchal instruction model: integration of principles from behaviorism, Cognitivism and Humanism," *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 9, pp. 105-118, 2010.
- [27] P. Freire, *Educação e mudança*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.
- [28] M. McLuhan, *Os meios de comunicação como extensão do homem*. São Paulo: Cultrix, 2007.
- [29] E. Morin, *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2001.
- [30] G. J. Posner, K. A. Strike, P. Hewson e W. A. Gertzog, "Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change," *Science Education*, vol. 66(2), pp. 211-227, 1982.
- [31] M. Di Felice, *Paisagens pós-urbanas: o fim da experiência urbana e as formas comunicativas do habitar*. São Paulo: Annablume, 2009.
- [32] B. Latour, *Ciência em Ação. Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora*. São Paulo: Editora UNESP, 2000.
- [33] J. Bruner, *Realidade mental, mundos possíveis*, 2. ed. Porto Alegre: Arte Médica, 2002.
- [34] W. Spaniol, *Filosofia e Método segundo Wittgenstein: uma luta contra o enfeitamento do nosso entendimento*. São Paulo: Loyola, 1989.
- [35] J. Mota, *Da Web 2.0 ao e-Learning 2.0: Aprender na Rede*. Dissertação de Mestrado, Universidade Aberta, Portugal, 2009. Recuperado em 04 de abril de 2016, de https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/1381/1/web20_e-learning20_aprender_na_rede.pdf
- [36] A. Jimoyiannis, "Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development," *Computer & Education*, Elsevier, 2010.
- [37] M. J. Koehler e P. Mishra, "What is technological pedagogical content knowledge?" *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, vol. 9(1), pp. 60-70, 2007.
- [38] L. Shulman, "Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching," *Educational researcher*, vol. 15(2), pp. 4-14, fevereiro 1986.
- [39] P. Zarifian, *Objetivo competência: por uma nova lógica*. São Paulo: Atlas, 2001.
- [40] M. T. L., Fleury, "Construindo o conceito de competência," *Revista de Administração Contemporânea*, vol. 5 (SPE), pp. 183-196, 2001.
- [41] C. K. Prahalad, G. Hamel, "The core competence of the corporation," *Harvard Business Review*, v. 68(3), Maio-junho 1990.
- [42] L. Stenhouse, *La investigación como base de la enseñanza*. (Textos seleccionados por J. Rudduck e D. Hopkins) 3. ed. Madri: Morata, 1996.
- [43] W. Carr, e S. Kemmis, *Teoria crítica de la enseñanza: la investigación-acción en la formación del profesorado*. Barcelona: Martinez Roca, 1988.
- [44] R. S. Kaplan, e D. P. Norton, *Alinhamento: utilizando o Balanced Scorecard para criar sinergias corporativas*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- [45] B. E. Becker, M. A. Huselid, e D. Ulrich, *Gestão estratégica de pessoas com "scorecard": interligando pessoas, estratégia e performance*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.
- [46] A. J. Senhar, D. Dvir, O. Levy e A. C. Maltz, "Project success: a multidimensional strategic concept," *Long Range Planning*, vol. 34, pp. 699-725, 2001.
- [47] L. G. Tornatzky e M. Fleischer, *The processes of technological innovation*. Lexington, MA: Lexington Books, 1990.
- [48] P. J. DiMaggio e W. W. Powell, "The iron cage revisited – Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields," *Advances in Strategic Management*, vol. 17, pp. 143-166, 2000. [Reprinted from the *American Sociological Association*, vol. 48, pp. 147-160, 1983]
- [49] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis e F. D. Davis, "User acceptance of information technology: toward a unified view," *Mis Quarterly*, vol. 27(3), pp. 425-478, 2003.
- [50] S. Christensen e W. R. Scott, *The institutional construction of organizations: international and longitudinal studies*. Thousand Oaks, Cal.: Sage Publications, 1995.
- [51] W. R. Scott, *Institutions and organizations*, 2. ed. California, USA: Sage Publications, 2001.
- [52] T. Oliveira e M. F. Martins, "Information Technology Adoption Models at Firm Level: Review of Literature," *The Electronic Journal Information Systems Evaluation*, vol. 14(3), pp. 123-134, 2011.
- [53] W. W. Powell e P. DiMaggio, *The New Institutionalism in Organizational Analysis*. Chicago: University of Chicago Press, 1991.

Metrica LMS

Evaluacion Plataformas Educativas

Metric LMS

Educational Evaluation Platforms

Jose Ignacio Palacios Osma
Facultad de Ingeniería
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá - Colombia
jpacios@udistrital.edu.co

Carlos Enrique Montenegro Marin
Facultad de Ingeniería
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá – Colombia
ingcarlosmontenegro@gmail.com

Jose Andres Gamboa Suarez
Departamento de Tecnología de Sistemas
Fundación Tecnológica Autónoma - FABA
Bogotá – Colombia
joze.gamboa@mail.faba.edu.co

Jose Ignacio Rodriguez Molano
Facultad de Ingeniería
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá – Colombia
jirodriguezmolano@gmail.com

Resumo — La existencia de un sin número de plataformas educativas como apoyo a los programas virtuales, bimodales o presenciales, hace difícil para las instituciones identificar el mejor LMS, de allí la siguiente propuesta de métrica que permite evaluar las plataformas que más se ajusta a las necesidades de la Institución.

Palabras Clave – Plataformas LMS; Métricas de E_learning; Moodle, Sakai; Chamilo.

Abstract — The existence of a number of educational platforms to support virtual bimodal or classroom program, makes it difficult for the institutions to identify the best LMS, hence the following proposed metric to evaluate the platforms that best fits the needs of the institution.

Keywords - LMS platforms; Metrics E_learning, Moodle, Sakai; Chamilo.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la metodología virtual está vinculada a un conjunto de elementos tanto pedagógicos, tecnológicos y administrativos, que en muchos casos confluyen en los ambientes virtuales de aprendizaje y en particular en las plataformas Learning Management System (LMS), ciberespacio sobre el cual converge la información, y se intercambian recursos, junto con el seguimiento al proceso de aprendizaje.

En el contexto de las plataformas tanto libres como licenciadas, se identifica un sin número de opciones y servicios, que hacen similares los LMS. Los estudios realizados en torno a la evaluación de las plataformas, se han desarrollado desde una perspectiva cualitativa, considerando aspectos como la interactividad, flexibilidad, escalabilidad, usabilidad, funcionalidad, ubicuidad, otros estudios se centra en el tipo de

plataforma (propietaria, libre, multidioma), o en la instalación y administración (gestión del curso, perfiles, autenticación), o en herramientas de comunicación, y tipo de recursos, sin embargo todos los estudios se limitan a hacer una verificación de la existencia o no de dichas herramientas [1, 2].

Otros estudios comparan las funcionalidades de las plataformas [3], y un reciente estudio evalúa las plataformas considerando aspectos como la interfaz del usuario, el sistema de los contenidos y la personalización de la plataforma [4].

El tal sentido propósito del presente trabajo es plantear un modelo de métrica para los LMS que oriente al equipo responsable de la evaluación y decisión con respecto al tipo de plataforma a implementar, para efectos del estudio se aplica el modelo de métrica a una plataforma con el fin de validar la propuesta presentada.

En la primera parte del documento se presenta los referentes teóricos a considerar en la investigación y una segunda parte, la metodológica, se presenta el modelo de métrica propuesto para los LMS.

II. CONCEPTUALIZACION

A. Plataformas LMS - Definición

Los sistemas de gestión de aprendizaje, también conocidos como LMS (Learning Management System), son programas a través de los cuales se puede administrar y gestionar procesos de enseñanza – aprendizaje por medio del uso integrado de diferentes herramientas, bien sea para formación no presencial o como una herramienta de ayuda para la enseñanza presencial, donde el alumno es el propio protagonista del proceso de aprendizaje, teniendo la posibilidad de vincularse a varias redes de conocimiento [5].

Las plataformas tienen fundamentalmente tres condiciones, 1) es un entorno completamente elaborado que permite su acceso en la red y la interacción entre estudiantes y docentes, 2) presenta un conjunto de recursos y estrategias de evaluación y 3) ofrece la gestión de actividades, adicionalmente la plataforma debe automatizar los procesos, su administración y contar con portabilidad y estándares [6, 7], sin embargo en el estudio realizado por los autores, plantean que si bien los LMS ofrecen ventajas, estas no pueden darse por sentadas, es decir hay que considerar los riesgos que esta implican para el estudiante, tales como creencia y motivaciones del estudiante, la evaluación en la medida que no muestre el progreso del estudiante, aplicaciones sencillas y amigables, aislamiento, tipo de actividades, entre otras.

En su mayoría los LMS permiten realizar funciones tales como la administración de los espacios de aprendizaje, la comunicación de los participantes, la gestión de contenido, gestión de trabajos y la evaluación (Fig. 1), lo que implica definir tanto un modelo pedagógico, como requerimientos técnicos que garanticen condiciones de calidad y accesibilidad, es importante señalar, que la mayoría de estudios se centran en los objetos de aprendizaje, mas no en la plataformas LMS.

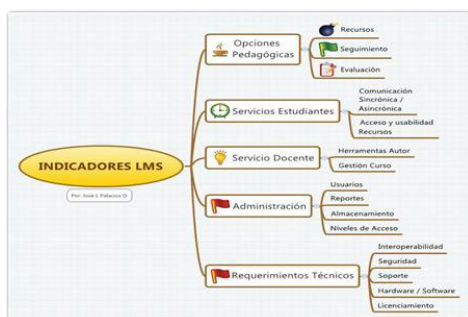


Figura 1. Indicadores LMS

B. Características LMS

Los LMS cuentan con diferentes herramientas o aplicaciones de gestión de aprendizaje, que caracterizan a las plataformas, dichas opciones están menos o más desarrolladas por parte de cada plataforma, y progresivamente, se hacen mejoras a las mismas, buscando facilitar la interacción entre los integrantes de la comunidad académica.

En el marco del desarrollo de la métrica se tendrán en cuenta las siguientes categorías de herramientas, las cuales a su vez cuenta con diversos recursos de apoyo: 1) Herramientas Pedagógicas; 2) Interfaz del alumno; 3) Interfaz del docente; 4) Herramientas de Administración; 5) Otras Opciones (seguridad, soporte, accesibilidad). Es importante tener presente, que es necesario, al momento de implementar un LMS, que se identifiquen los recursos que estarán disponibles para un curso, pues no siempre es necesario que todos los recursos sea usados o habilitados, dependerá de las condiciones curriculares.

Así mismo, hay que tener presente que tanto las plataformas y sus recursos deben ser de fácil manejo, sencilla navegación y contar con un entorno motivador e intuitivo [8], para que así el estudiante alcance los objetivos de aprendizaje definidos por los expertos temáticos o docentes tutores y/o autores de contenidos, en tal sentido, se deben cumplir con una serie de características técnicas que favorezcan dicho entorno, tales como; a) Interactividad [9], los Investigadores de Human-Computer Interaction (HCI); b) Accesibilidad: es la capacidad de la plataforma a ser visitados por los estudiantes en cualquier lugar, [9]; c) Usabilidad, nivel de satisfacción del estudiante; d) Flexibilidad, facilidad de personalización para satisfacer diferentes necesidades y modelo pedagógico de la institución [10]; e) Escalabilidad, asegurar que la plataforma LMS que está utilizando la institución, dispone de los medios para adaptarse a las necesidades cambiantes de sus programas de formación [11]; Estandarización: soportan la calidad de las plataformas, de acuerdo a sus necesidades y requisitos específicos [12, 13]; Responsiva, el surgimiento y acceso a Internet desde dispositivos móviles está creciendo y es una tendencia de los como m_learning [14, 15].

III. METODOLOGIA

El modelo de métrica para la valoración de plataformas LMS que permita a las instituciones y al equipo responsable del uso del LMS, tomar una decisión objetiva sobre la plataforma a implementar, se centra en las características identificadas en la literatura como propias de los entornos o ambientes virtuales de aprendizaje, alguna mencionadas anteriormente.

Existen muchos criterios para evaluar plataformas, sin embargo estos se limitan a verificar si existe o no la herramientas u opción de servicio entre las plataformas [7, 16].

Para la validación del modelo de métrica se contara con juicio de expertos [17], bajo la metodología Delphi, la cual permitirá validar las características y aspectos a evaluar sobre la métrica propuesta, a partir del análisis efectuado por los expertos se establecen las categorías y las características a considerar en la métrica, por lo tanto el proceso que se desarrollo fue:

- I. Construir el modelo de métrica, a partir de la revisión y experiencia en el tema de LMS
- II. Establecer el índice de coeficiente de competencia del experto, con el fin de garantizar el conocimiento del experto en LMS, para ello se identificó el nivel de conocimiento del experto acerca de los LMS, experiencia, estudio y desarrollo de cursos [17],
- III. Presentar a los expertos seleccionados el modelo de métrica partiendo de las características y atributos de las herramientas identificadas en los LMS, tales como:
 - Herramientas de contenido
 - Herramientas de comunicación
 - Herramientas de evaluación y seguimiento
 - Requerimientos técnicos.

En la evaluación de LMS intervienen numerosos factores y características, así como atributos deseables y estándares cada vez más obligatorios, de allí la importancia de contar con un modelo que permita a los evaluadores especificar ordenadamente dichas características y atributos.

A. Métricas

El uso de métrica ofrece criterios de base cuantitativa y cualitativa para la toma de decisiones acerca de cuál LMS es adecuado a las requerimientos de formación (pedagógicos), administrativas y tecnológicas.

Las métricas proporcionan a los usuarios, evaluadores y desarrolladores elementos para identificar y evaluar los ítems de calidad del producto de software y de dirección de calidad para futuros desarrollos y/o adecuaciones [18].

La métrica establece atributos internos y/o indican atributos externos de análisis de las propiedades de los productos de software o entregables.

Es de tener presente, que las métricas no elimina el juicio humano relacionado con la interacción del evaluador con el LMS. Se desea que el uso de métricas dentro de una institución beneficie a toma de decisiones, en la medida que se identifican los factores de interés para el proceso de aprendizaje y la relevancia de los mismos en las necesidades institucionales.

La métrica es entendida como la generación de atributos o características a los cuales se les asigna un valor numérico o nominal a partir de un conjunto de datos observables y consistentes con la intuición [19]. Para ello se debe definir los siguientes aspectos:

- Producto o servicio que se medirá, tal como plataformas o páginas web, para el presente trabajo son plataformas LMS de código abierto.
- Atributos o características, criterios sobre los que se hace la evaluación conforme al producto o servicio, en el caso de los LMS, se han definido tres criterios, a saber. Pedagógico, administrativos y tecnológicos, los cuales a su vez tienen subcaracterísticas, que se pueden dividir.
- Asignación numérica, establecimiento de una escala de ponderación para los atributos conforma la relevancia o impacto que se requiera y calificación o evaluación de las subcaracterísticas según escala propuesta

Para el estándar de la IEEE la métrica se define como una “medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo determinado”. Una métrica puede ser directa o indirecta, interna o externa, objetiva o subjetiva.

Conforme el modelo de Olsina [20], que lo define como una metodología cuantitativa y flexible denominada Web Quality Evaluation Method (WEB QEM), que evalúa la calidad en aplicaciones centradas en la Web y especifica las características y atributos deseables y obligatorios a evaluar en un sitio Web más o menos complejo, partiendo de dicho modelo se presenta una estructura similar para la evaluación de LMS.

B. Arbol de evaluación - LMS

Conforme a las características de las plataformas se han definido los atributos correspondientes a tres características presentes y necesarias en todas las plataformas, que son consideradas como relevantes al momento de su implementación y conformando así un árbol de evaluación, compuesto por características, subcaracterísticas y subsubcaracterísticas, y para efectos del presente trabajo se agrupan en métricas para aspectos académicos, métrica para criterios técnicos y métrica para el componente administrativo, dicha agrupación obedece a la identificación hecha desde la literatura y lo planteado por el grupo de expertos.

La métrica académica, es el principal factor a considerar en un proceso de educación virtual, ya que la plataforma tecnológica LMS, debe satisfacer las necesidades de aprendizaje y facilitar el proceso de adquisición de información. Dentro de estas se identifican las características asociadas a la pedagogía, la comunicación, los recursos de contenidos y los cursos, los requerimientos del estudiante y los docentes, así como los procesos de seguimiento y avance en el desarrollo del curso u objetos de aprendizaje.

En la tabla 1, se presenta las características del componente académico, referido a los procesos académicos, que a su vez, cuenta con subcaracterísticas como procesos académicos, aprendizaje basado en web, entorno colaborativo, evaluaciones, esta características hacen alusión al soporte que ofrece la plataforma con el fin de apoyar el proceso de aprendizaje.

TABLA 1 CARACTERÍSTICA ACADÉMICA

1. Características Académicas
1.1 Pedagógico
1.1.1 Proceso de Aprendizaje
1.1.1.1 Enfoque pedagógico definido
1.1.1.2 Permite crear rutas de aprendizaje según perfil estudiante
1.1.1.3 Orientado a la gestión de conocimiento
1.1.2 Aprendizaje basado en web
1.1.2.1 Herramientas Web 2.0 (Wiki, blog, RSS, Podcasts)
1.1.2.2 Herramientas Web 3.0 (Lab.Virtual, Búsqueda Inteligente, Mundo Virtual, Juegos 3D)
1.1.2.3 Portafolios Estudiante - Página Personal
1.1.3 Entorno Colaborativo
1.1.3.1 Contenido Social (Estudiante crea contenido visto por otros)
1.1.3.2 Definición de Roles (Juego de Roles)
1.1.3.3 Gestión de grupos y subgrupos
1.1.3.4 Red Social Privada
1.1.4 Evaluaciones
1.1.4.1 Gestión de Pruebas
1.1.4.2 Libro de Calificaciones

1.1.4.3 Prueba Diagnóstica (Conocimientos previos)
1.2 Comunicación
1.2.1 Herramientas de Comunicación asincrónica
1.2.1.1 Foros / Gestión de Foros
1.2.1.2 Gestión de Archivos
1.2.1.3 Noticias y Eventos
1.2.1.4 Correo Interno - Bandeja de Entrada - Lista de Correo
1.2.1.5 Chat of line
1.2.1.6 Video
1.2.2 Herramientas de Comunicación sincrónica
1.2.2.1 Video - Conferencia
1.2.2.2 Chat
1.2.2.3 Pizarra
1.3 Estructura Curso
1.3.1 Presentación de Contenidos
1.3.1.1 Uso de diferentes formatos - Multimedial
1.3.1.2 Representación gráfica contenidos
1.3.1.3 Existe estructura de contenidos (Índices temáticos)
1.3.1.4 Permite Personalizar Plataforma
1.3.2 Descarga de Contenidos
1.3.2.1 Disponibilidad de repositorios
1.3.2.2 Creación de repositorio
1.3.3 Gestión de Aprendizaje
1.3.3.1 Informe Estadístico y rendimiento curso
1.3.3.2 Personalización secuencia curso
1.3.3.3 Cronograma curso - (Recordatorio)
1.3.4 Soporte diferentes idiomas
1.4 Estudiante
1.4.1 Recursos Académicos
1.4.1.1 Cronograma o Calendario individual
1.4.1.2 Contenidos según estilo cognitivo
1.4.1.3 Portafolio Electrónico
1.4.3 Herramientas productivas
1.4.3.1 Marcadores e identificador de contenidos y recursos
1.4.3.2 Sistema de recomendación de recursos
1.4.4 Trabajo Asincrónico (Sincronización al inicio del curso y/o acceso a la Plataforma)
1.4.5 Induce al trabajo en grupo
1.4.5.1 Conformación de grupos de trabajo por los estudiantes
1.4.5.1 Herramientas de grupo de trabajo para los estudiantes
1.5 Seguimiento
1.5.1 Gestión de Curso

1.5.1.1 Progreso en el desarrollo del curso - Línea de avance
1.5.1.2 Mensaje recordatorio de contenidos y actividades
1.5.1.3 Información sobre rendimiento y preferencias
1.5.1.3 Posibilidad de autoseguimiento y autoevaluación del aprendizaje por los estudiantes
1.5.1.3 Posibilidad de seguimiento automático de conexiones y participantes
1.6 Docente
1.6.1 Información Docente
1.6.2 Herramientas de Autor
1.6.2.1 Construcción de Contenidos (Plantillas)
1.6.2.2 Herramientas de diseño instruccional (Secuencia de aprendizaje)
1.6.2.3 Herramientas de construcción batería preguntas
1.6.2.4 Tutorial de apoyo para contenidos

En la tabla 2, se presenta el componente tecnológico, referido a los procesos asociados a las siguientes subcaracterísticas de usabilidad, accesibilidad, interactividad, escalabilidad, estandarización, responsividad y capacidad de adaptación a requerimientos futuros, de los LMS.

La métrica tecnológica, es igualmente importante cuando a los requerimientos técnicos y funcionales que apoyen el desarrollo de los cursos y módulos implementados en los LMS, e igualmente, el cumplimiento de estándares hace parte de esta característica, facilitando tanto la accesibilidad como usabilidad de las plataformas LMS.

TABLA 2 CARACTERÍSTICA TECNOLÓGICA

2. Características Tecnológicas
2.1 Usabilidad
2.1.1 Diseño visual
2.1.1.1 Visibilidad de los recursos y estructura plataforma - W3C
2.1.1.2 Indicador de ubicación del usuario
2.1.1.3 Textos adaptados para la Web
2.1.2 Permite Diferentes perfiles
2.1.2.1 Itinerarios Alternativos
2.1.2.2 Facilidad de uso percibida por los usuarios
2.1.2.3 Modos de acceso multiusuario
2.2 Accesibilidad
2.2.1 Acceso a personas con discapacidad
2.2.1.1 Deficiencia Visual
2.2.1.2 Deficiencia Auditiva
2.2.1.3 Deficiencia Física
2.2.2 Diseño de la Interface
2.2.2.1 Navegabilidad en diferentes Sistema Operativos (Windows, GNUlinux, Mac, Android)

TABLA 3 CARACTERÍSTICA ADMINISTRATIVA

2.2.2.2 Navegabilidad en diferentes dispositivos (computadores, tablets, celulares)
2.2.2.3 Personalización según usuario
2.2.3 Diseño de los recursos
2.2.3.1 Recursos disponibles y compresibles
2.2.3.2 Acceso intuitivo a los recursos
2.2.4 Acceso a Navegadores no gráficos
2.3 Interactividad
2.3.1 Información acceso a recursos
2.3.1.1 Estadística de acceso a los recursos por estudiantes o grupo
2.3.1.2 Tiempo de acceso a los recursos
2.3.2 Desarrollo actividades
2.3.2.1 Seguimiento al cumplimiento actividades
2.3.3 Canales de Interacción
2.3.3.1 Integración con Gamificación
2.3.3.2 Permite entornos de realidad aumentada
2.4 Escalabilidad
2.4.1 Gestión alto volumen de datos
2.4.1.1 Administra número alto de usuarios al mismo tiempo
2.4.1.2 Administra y organizar usuarios en diferentes grupos
2.5 Estandarización
2.5.1 Compatibilidad con normas conocidas
2.5.1.1 SCORM
2.5.1.2 IMS (Entreprise / Metadata / Content)
2.5.2 Modularidad Plataforma
2.6 Responsiva
2.6.1 Ajuste a diferentes dispositivos y formatos
2.6.1.1 Adapta a diferentes resoluciones
2.6.1.2 Ajuste al tamaño de la pantalla
2.6.2 Calidad en dispositivos móviles
2.6.2.1 Posibilidad de ajuste a nuevos dispositivos
2.6.2.2 Navegabilidad sencilla
2.7 Requerimientos Futuros
2.7.1 Capacidad del LMS de permanecer en el tiempo
2.7.2 Posibilidad de modificación a necesidades nuevas

La métrica Administrativa, la gestión de cursos y administración de usuarios, junto soporte técnico que implica la implementación de un LMS, hace parte de uno de las características a evaluar en las plataformas de educación virtual, es muy importante contar con la administración respectiva para habilitar recursos y contenidos en las plataformas

En la tabla 3, se presenta una característica del componente administrativos, que permite evaluar lo relacionado a opciones de ayuda del LMS, administración de usuarios, soporte técnico de los LMS, ya sea por una comunidad o por la documentación existente y disponible.

3. Características Administrativas
3.1 Herramientas de Ayuda y Retroalimentación en línea
3.1.1 Calidad de la Ayuda
3.1.1.1 Ayuda explica la plataforma y sus servicios
3.1.1.2 Videos Tutoriales
3.2 Gestión de Usuarios
3.2.1 Sistema de autenticación única
3.2.1.1 Niveles de acceso a usuarios
3.2.1.2 Sistema de registro por Docentes
3.3 Soporte Técnico
3.3.1 Manuales, especificaciones de ajustes técnicos
3.3.1 Manual de ayuda para el docente
3.3.2 Manual de ayuda para el estudiante
3.3.3 Manual de ayuda del Administrador
3.3.2 Apoyo por comunidades académicas

IV. RESULTADOS

A partir del árbol de evaluación cada características y subcaracterística puede tomar un valor de cero (0) si el poco importante o relevante y un valor de diez (10) si es muy relevante; en este continuo de 0 – 10 se pueden presentar valores intermedios que corresponde a las consideraciones realizadas por los expertos o agentes interesados en evaluar o tomar una decisión con respecto al tipo de plataforma a seleccionar.

Así mismo a cada característica se le define un peso conforme los intereses y apreciaciones de la organización, para el presente trabajo la ponderación de cada atributo, subcaracterísticas y característica se presenta a manera de ejemplo en la tabla 4, en donde conforme el interés de la institución atribuye un peso de 40 % a los aspectos académicos, los cuales a su vez desglosa, y posteriormente se relaciona con la calificación obtenida en cada característica, obteniendo una calificación según lo explicado en el apartado A de la metodología.

TABLA 4 PONDERACIÓN CARACTERÍSTICA

Características		Subcaracterísticas	
Atributo	Peso	Atributo	Peso
Academico	40	Pedagogico	10
		Comunicación	6
		Estructura Curso	8
		Estudiante	6
		Seguimiento	5
		Docente	5
Tecnico	35	Usabilidad	8
		Accesibilidad	6
		Interactividad	7
		Escalabilidad	5
		Estandarización	4
		Responsiva	3
		Requerimientos Futuros	2
		Herramientas de Ayuda y Retroalimentación en línea	7
Administrativo	25	Gestion de usuarios	10
		Soporte Técnico	8

Es de mencionar que frente a dicho árbol de requerimientos y evaluación, cada institución siguiendo sus

intereses y estándares existentes pueden ampliar las características, las subcaracterísticas y atributos, lo cual ampliaría el espectro para la toma de decisiones. Es decir se pueden incorporar tanto normas como estándares tales como W3C o bien la norma NTC5854 (norma técnica colombiana), entre otras o bien normas internacionales como AICC, IMS, ADL e IEEE, que permitan definir la arquitectura a considerar en este tipo de soluciones de LMS [21] y así mismo los pesos de los atributos serán factor de discusión y de decisión por parte de la institución, así como otros factores, herramientas o estándares [13]

V. CONCLUSIONES

La demanda de plataformas y en particular de herramientas tecnológicas que acompañe los procesos de formación lleva también a que los desarrolladores o comunidades generen un mimetismo tecnológico, académico y administrativo frente al desarrollo de las mismas, por lo tanto la presente propuesta ofrece una alternativa para que las instituciones y los responsables de implementar programas en metodología virtual o contar con LMS de apoyo a los procesos presenciales, seleccione la plataforma que más se ajusta a sus intereses y necesidades.

En este contexto la alternativa de la métrica permite que las instituciones tomen las decisiones en cuanto a la plataforma y las opciones a usar, en tal sentido se puede concluir:

- Se debe considerar tanto puntos fuertes como débiles de la plataformas al momento de implementar una de ellas, cada plataforma ofrece opciones que pueden o no estar relacionadas con las necesidades de la institución
- Es de resaltar que un aspecto importante es contar con estándares no solo para los contenidos sino para el diseño de los entornos virtuales de aprendizaje, lo cuales muchas veces se confunden.
- La métrica propuesta, permite que la instituciones valoren y definan el peso que consideren pertinente para el desarrollo de la educación virtual, estos criterios se debe tomar a partir de las necesidades y requerimientos de la institución.
- Con la propuesta las instituciones pueden definir su propio peso e iniciar el proceso de selección de plataforma e incluir en la misma otros factores que se encuentran definidos en los diferentes tipos de estándares.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento especial al Ingeniero Giovanni Piñeros Mora, quien oriento e implemento los LMS , para ser revisado y estudiados, lo cual implicó el montaje de una versión de cada plataforma, que permitió que los expertos pudieran evaluar las plataformas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] S. D. Cejudo, "Elearning. análisis de plataformas gratuitas," *Universitat de València. València-Espanha*, pp. 41-42, 2003.
- [2] N. Ruiz Reyes, P. Vera Candeas, S. G. Galan, R. Viciano, F. Canadas, and P. J. Reche, "Comparing open-source e-learning

platforms from adaptivity point of view," in *EAEIE Annual Conference, 2009*, 2009, pp. 1-6.

- [3] L. Jing, M. Hailong, and H. Jun, "Comparative Study of Open-Source E-Learning Management Platform," in *Computational Intelligence and Software Engineering, 2009. CISE 2009. International Conference on*, 2009, pp. 1-4.
- [4] N. Munkhtsetseg, D. Garmaa, and S. Uyanga, "Multi-criteria Comparative Evaluation of the E-Learning Systems: A Case Study," in *Ubi-Media Computing and Workshops (UMEDIA), 2014 7th International Conference on*, 2014, pp. 190-195.
- [5] J. Vicheanpanya, "E-Learning Management System Model for Thai Society," *International Journal of Information and Education Technology*, vol. 4, pp. 67-n/a, Feb 2014 2014.
- [6] E. Vázquez-Cano and M. L. S. García, "Analysis of risks in a Learning Management System: A case study in the Spanish National University of Distance Education (UNED)," *Journal of New Approaches in Educational Research*, vol. 4, pp. 62-73A, Jan 2015 2015.
- [7] P. Poulouva, I. Simonova, and M. Manenova, "Which One, or Another? Comparative Analysis of Selected LMS," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 186, pp. 1302-1308, 2015.
- [8] E. Mor. and J. Minguiñón, "Patrones de navegación de usuarios de un campus virtual," in *En Actas del V Congreso Internacional de Interacción Persona Ordenador.*, 2004.
- [9] G. Ssekakubo, H. Suleman, and G. Marsden, "Designing mobile LMS interfaces: learners' expectations and experiences," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 10, pp. 147-167, 2013 2013.
- [10] J. Matthias, C. Piesche, and S. Jablonski, "Flexibility requirements concerning the design of synchronous e-learning systems," *Interactive Technology and Smart Education*, vol. 9, pp. 233-245, 2012 2012.
- [11] D. Zhao, H., X. Fu, C. Zhao, Q. Liu, and T. Liu, "Interactive and Collaborative E-Learning Platform with Integrated Social Software and Learning Management System," in *Proceedings of the 2012 International Conference on Information Technology and Software Engineering*, 2013, pp. 11-18.
- [12] CEN - Learning Technology Workshop. (2014). *Standards Observatory*. Available: <http://www.cen-ltso.net/Main.aspx?pdf=-1>
- [13] M. Llamas-Nistal, M. Caeiro-Rodríguez, and M. Castro, "Use of e-learning functionalities and standards: the Spanish case," *Education, IEEE Transactions on*, vol. 54, pp. 540-549, 2011.
- [14] Q. Kalhoro, L. L. Chowdhry, T. Abbasi, and S. Abbasi, "M-learning -an innovative advancement of ICT in education," in *Distance Learning and Education (ICDLE), 2010 4th International Conference on*, 2010, pp. 148-151.
- [15] C. Hsuan-Pu, "Applying adaptive course caching and presentation strategies in M-learning environment," in *Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2010 IEEE International Conference on*, 2010, pp. 1314-1318.
- [16] C. A. S. M. C. Clarenc, C. López de Lenz, M. E. Moreno y and N. B. Tosco. (2013). *Analizamos 19 Plataformas de E-Learning, Investigación colaborativa sobre LMS*. Available: <http://www.congresoellearning.org/>
- [17] J. A. Cabero and J. O. Barroso, "La utilización del Juicio de Experto para la Evaluación de TIC: El Coeficiente de Competencia Experta," *Bordón. Revista de Pedagogía*, vol. 65, pp. 25-38, 2013.
- [18] ISO/IEC FDIS 9126-1:2000, "Information technology — Software product quality," in *Quality model*, ed: ISO, 2000.
- [19] L. Fernández, C. Pagés, and M. J. Rueda, "Proceso de definición de métricas y criterios de calidad en el ciclo de vida de la educación virtual accesible," 2011.
- [20] L. A. Olsina, "Metodología Cuantitativa para la Evaluación y Comparación de la Calidad de Sitios Web," Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, Universidad Nacional de La Plata - Argentina, La Plata, 1999.
- [21] J. Hilera and R. Hoya, "Estándares de e-learning: Guía de consulta," *Universidad de Alcalá*, 2010.

Proposta de Nova Arquitetura de Sistemas de Informação Para o Instituto Nacional de Estatística de Moçambique

Proposal for a New Information Systems Architecture for the National Statistics Institute of Mozambique

Arlindo Bernardo Paulo Nhabomba
Nova Information Management School
Lisboa, Portugal
Endereço de Email: m2014302@novaims.unl.pt

Vitor Duarte dos Santos
Nova Information Management School
Lisboa, Portugal
Endereço de Email: vsantos@novaims.unl.pt

Abstract — The literature already established has shown the importance of information systems and technologies for becoming increasingly a factor that currently differentiates successful organizations, augmenting, increasingly, the dependence of the organizations on assistance provided by these resources. Its impact is very significant in organizations where the final product is information, such as the National Statistical Institutes, whose mission is to produce and disseminate official statistical information of general interest of a country. It is believed that using the systems and information technology most problems would be minimally resolved and that would also considerable productivity gains. Found, however, dissatisfaction for results, in most cases, due to poor standardization of technology, poor alignment between existing information systems within the enterprise and business processes, leading organizations to lose their productive capacity, was found an opportunity to demonstrate that it is possible to achieve the best results through the design of a new architecture of its information systems with a high level of technological standardization and alignment with the business, and as a case study of Mozambique's National Institute of Statistics.

Keywords: Information Systems Architecture; Information Systems; Information Technology; National Statistics Institute; Statistical Information.

Resumo — A literatura, já consolidada tem demonstrado a importância dos sistemas e tecnologias de informação por se tornarem cada vez mais um fator que diferencia organizações de sucesso atualmente, aumentando, cada vez mais, a dependência das organizações do auxílio prestado por estes recursos. O seu impacto é muito significativo nas organizações cujo produto final é a informação, como é o caso dos Institutos Nacionais de Estatística (INE), que têm por missão produzir e difundir a informação estatística oficial de interesse geral de um país. Acredita-se que com recurso aos sistemas e tecnologias de informação a maior parte dos problemas estariam minimamente resolvidos e que viriam também ganhos consideráveis de produtividade. Constatada, entretanto, a insatisfação pelos resultados alcançados, na maioria dos casos, devido à fraca padronização de tecnologia, fraco alinhamento entre sistemas de informação (SI) existentes dentro da empresa e processos de negócio, levando às organizações a perderem a sua capacidade produtiva, ficou caracterizada a oportunidade de demonstrar que é possível conseguir-se melhores resultados através do desenho de uma nova Arquitetura de Sistemas de Informação (ASI) com um elevado nível de padronização tecnológica e alinhamento ao negócio, tendo como estudo de caso o Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (INE-mz).

Palavras chave: Arquitetura de Sistemas de Informação; Sistemas de Informação; Tecnologias de Informação; Instituto Nacional de Estatística; Informação Estatística.

I. INTRODUÇÃO

Hoje, é comumente assumido o contributo que os Sistemas de Informação/Tecnologias de Informação (SI/TI) têm em todos os aspetos da vida de uma organização em qualquer parte do mundo, permitindo a comunicação, a concretização dos negócios, acesso à informação e aos serviços, e assim impulsionando a economia global.

A utilidade dos SI/TI é ainda mais significativa nas instituições responsáveis pelas estatísticas nacionais, onde há um crescimento acentuado da demanda por informações num mundo tão globalizado, exigindo da estatística avanços paralelos no desenvolvimento de metodologias e novos indicadores cada vez mais complexos e que exigem equipamentos modernos, *softwares* estatísticos e técnicos capacitados [6].

Têm-se constatado, porém, que após a implementação dos SI/TI muitas organizações confrontam-se com dificuldades que, na maioria das vezes, devem-se à ausência de modelos conceituais, baixo nível de padronização de tecnologia, fraco alinhamento entre SI/TI e processos de negócios, múltiplas tecnologias, entre outros. Este problema agrava-se ainda mais nas organizações de produção de estatísticas, tendo em conta a variabilidade dos processos e a existência de operações estatísticas (OE) distintas.

Portanto, não basta que as organizações tenham acesso aos SI/TI. É necessário que os mesmos possuam uma estruturada de dados e modelos que definam o negócio, a informação e tecnologia necessária para suportar a operação da empresa, num processo contínuo de alinhamento com o negócio. Este alinhamento irá providenciar à organização a capacidade de conduzir a avaliação de impacto, analisar cenários alternativos e implementar estratégias apropriadas, para além de (re)definir o desenho do negócio para uma vantagem competitiva sustentável [11].

Assim, a viabilização desta arquitetura depende da conceção de solução que considere não apenas o *design* individual, mas as estruturas, funcionamento e relacionamento de todos os elementos no seu conjunto, incluindo a interação e dinâmica humana. A expressão dessa visão ampla dar-se-á mediante implementação de uma Arquitetura de Sistemas de Informação (ASI) que sirva totalmente os interesses da organização [20].

É nesta perspectiva que se pretende, neste trabalho, desenvolver um modelo de ASI adequado às instituições de recolha, processamento e transmissão da informação estatística nacional, tendo como estudo de caso o Instituto Nacional de Estatística de Moçambique (INE-mz).

II. ESTATÍSTICAS NACIONAIS

De uma forma sintética, pode dizer-se que estatística é um conjunto de técnicas apropriadas para recolher, classificar, apresentar e interpretar conjuntos de dados numéricos [2].

A Estatística esteve sempre presente desde os primórdios em todas as culturas e sociedades. Nas civilizações antigas os líderes tinham necessidade de conhecer a sua população, tanto a nível económico como a nível social para, por exemplo a cobrança de impostos, preparação de um contingente militar para enfrentar os inimigos, entre outras. O antigo líder israelita, Moisés, teve necessidade de conhecer o número da população, conforme o relato bíblico em Números 1:1-3 (Falou mais o SENHOR a Moisés no deserto de Sinai, na tenda da congregação, no primeiro dia do segundo mês, no

segundo ano da sua saída da terra do Egito, dizendo: Tomai a soma de toda a congregação dos filhos de Israel, segundo as suas famílias, segundo a casa de seus pais, conforme o número dos nomes de todo o homem, cabeça por cabeça; Da idade de vinte anos para cima, todos os que em Israel podem sair à guerra, a estes contareis segundo os seus exércitos, tu e Arão) [1].

Nos nossos dias a estatística assume uma importância decisiva a diversos níveis, o que é confirmado pelo destaque e pela frequência com que os seus estudos surgem nos programas do Estado, das organizações públicas e privadas, do cidadão comum e ao nível científico.

O grau de importância atribuída à estatística é tão grande que praticamente todos os governos possuem organismos oficiais destinados à realização de estudos estatísticos, contribuindo decisivamente para o crescimento e desenvolvimento de qualquer país. Em muitos países esse organismo é designado por Instituto Nacional de Estatística (INE). Os INE constituem os órgãos executivos centrais dos Sistemas Estatísticos Nacionais (SEN), aos quais cabem as atividades de notação, apuramento, difusão e coordenação dos dados estatísticos de que vierem a ser incumbidos pelos governos nos termos dos seus planos de atividades, tendo em conta as linhas gerais das atividades estatísticas nacionais e respetivas prioridades [7]. As informações estatísticas são obtidas, classificadas e armazenadas em meio magnético e disponibilizadas em diversos sistemas de informações abrangentes que fornecem aos utilizadores informações estatísticas inteligentes e necessárias ao desenvolvimento de suas atividades. A expansão deste processo, extensivamente facilitada pelo uso dos recursos computacionais, tem sido acompanhada pelo rápido desenvolvimento de novas técnicas e metodologias estatísticas de análise de dados, exigindo da estatística um caminhar conjunto com as novas tecnologias.

Em Moçambique a construção de um SEN data somente de 1996 com a publicação da Lei nº7/96 de 5 de Julho [12]. O INE-mz é o órgão executivo central do SEN, ao qual cabe efetuar as seguintes tarefas [7]:

- Efetuar inquéritos, recenseamentos e outras OE;
- Criar, centralizar e gerir os ficheiros considerados necessários, designadamente de unidades estatísticas;
- Aceder, para fins exclusivamente estatísticos, à informação individualizada relativa às empresas públicas e privadas, cooperativas, instituições de crédito, comerciantes e outros agentes económicos, incluindo os empresários em nome individual, recolhida no quadro da sua missão pela administração pública, central, provincial e local, ou pelas instituições de direito privado concessionárias de um serviço público;
- Realizar estudos de estatística pura e aplicada, bem como proceder a análises de natureza económico-social, com base nos dados estatísticos produzidos no âmbito do SEN.

O INE-mz estrutura-se em: Serviços Centrais, Delegações Provinciais (DPINE) e Órgãos Centrais. Os Serviços Centrais dividem-se em dois pelouros: Estatísticas Económicas e Estatísticas Demográficas, Vitais e Sociais.

As DPINE são em número de onze, que corresponde ao mesmo número de cidades e províncias de todo país, que têm por finalidade assegurar a nível provincial a execução das OE

de âmbito nacional, regional e local; e as funções de centros provinciais de informação e documentação estatística nacional. O INE-mz delega funções oficiais de recolha, apuramento e difusão de dados estatísticos noutros serviços públicos designados Órgãos Delegados do INE-mz (ODINE). São órgãos centrais do INEmz: a Presidência, Conselho Consultivo e Conselho Técnico de Coordenação Metodológica.

III. METODOLOGIA BSP (BUSINESS SYSTEMS PLANNING)

Visando desenvolver os seus projetos eficientemente e para ter como resultado um guia tecnológico para alinhar investimentos e estratégias de negócio as organizações têm feito uso de várias metodologias. Atualmente destacam-se as seguintes metodologias: *Business Systems Planning* (BSP), *Quality Function Deployment* (QFD), Fatores Críticos de Sucesso (FCS) e *Balance Scorecard* (BSC).

O BSP é uma metodologia para SI desenvolvida na década de 70 pela International Business Machines Corporation (IBM) com o objetivo de estruturar os seus próprios SI. Esta metodologia utiliza uma abordagem onde o processo de negócio é a base de suporte aos SI [19].

O QFD é uma técnica de traduzir as necessidades do cliente, requisitos e expectativas em especificações detalhadas de produtos e processos [14].

O FCS define as áreas chave de desempenho que são essenciais para a organização cumprir sua missão [3].

O BSC é um conjunto cuidadosamente selecionado de medidas quantificáveis derivados de estratégia organizacional. As medidas selecionadas representam uma ferramenta para os líderes usarem para comunicar aos trabalhadores e *stakeholders* externos os resultados e vetores de desempenho pelos quais a organização irá realizar a sua missão e objetivos estratégicos [13].¹

A metodologia BSP foi selecionada para o estudo no presente trabalho por ter abordagem adequada ao estudo, visto que permite integrar a estratégia organizacional e os processos de negócio aos SI, que é foco no presente trabalho. Por este motivo, a metodologia BSP será detalhada a seguir.

BSP envolve o planeamento *top-down*² com implementação *bottom-up*³. Nesta metodologia, a organização reconhece a sua missão empresarial, objetivos e funções, e como estes determinam os seus processos de negócio. Os processos são analisados quanto às suas necessidades de dados e classes de dados são, então, identificados. O plano BSP final descreve a informação global da arquitetura do sistema, bem como o cronograma de instalação de sistemas individuais [10][18]. Desta maneira, a abordagem permitirá que a organização tenha em consciência os processos que ela necessita para crescer e se tornar mais competitiva através da criação de SI que respondam às reais necessidades de informação.

Os dados, informações e processos obtidos (conduzidas com análises) são avaliados objetivando produzir os seguintes resultados [8]:

- Um *framework*⁴ informacional que define sistemas e subsistemas para tratamento de informações dentro da organização;
- Recomendações para a gestão e controlo de dados;
- Prioridades para o desenvolvimento de aplicações de sistemas de informação futuros.

Estas características fazem da metodologia BSP um processo elegível ao planeamento estratégico de SI. Além disso, é consenso na literatura relativa aos SI que um plano de SI deve ser dirigido aos processos organizacionais e ao papel integral dos SI dentro desses processos. Portanto, os investimentos em SI precisam estar alinhados com a estratégia da organização, como também a TI deve ser explorada visando propiciar à organização vantagens competitivas sobre seus competidores. [15]. Em busca deste objetivo BSP é uma metodologia adequada em relação às demais uma vez que é orientada aos processos.

A metodologia BSP contém três fases principais de acordo com suas funções [9]: Preparação, Analítica e Final (Tabela 1).

TABELA 1: FASES DA METODOLOGIA BSP

FASE	FUNÇÕES
Preparação	<ul style="list-style-type: none"> • Obtenção da autorização para o estudo • Preparação do estudo • Início do estudo
Analítica	<ul style="list-style-type: none"> • Definição da estratégia do negócio • Definição dos processos de negócio • Definição de classes de dados • Análise do suporte do sistema atual • Discussão dos resultados de análise com a gestão • Apresentação dos resultados de análise
Final	<ul style="list-style-type: none"> • Definição da arquitetura da informação • Determinação de prioridades de desenvolvimento de SI • Verificação do impacto do estudo na gestão de SI • Proposta de novos procedimentos • Apresentação dos resultados • Novos procedimentos

Na fase analítica é necessário criar classes de dados que representam entidades das unidades organizacionais particulares. SI futuros poderão usar bases de dados baseados sobre estas entidades. Um dos resultados da realização desta atividade é a criação da matriz entidades/processos [9], isto é, a matriz CRUD.

Matriz CRUD

A Matriz CRUD (Create – Criar ou adicionar novas entradas – Retrieve (Read) – Ler, recuperar ou ver entradas existentes – Update Atualizar ou editar entradas existentes – Delete (Destroy) – Remover entradas existentes) é a representação gráfica da arquitetura da empresa, contendo a relação entre entidades de dados, processos de negócios e as aplicações [5][17]. É uma abordagem no sentido de determinar o grupo

¹ *Stakeholders*: partes interessadas ou intervenientes que devem estar de acordo com as práticas de governança corporativa executadas pela empresa.

² *Planeamento top-down*: análise a partir de alto a baixo na hierarquia.

³ *Implementação bottom-up*: análise a partir dos níveis inferiores dos negócios para os superiores.

⁴ *Framework*: estrutura de base de um sistema.

de competências que cada ator deverá ter para desenvolver o processo de negócio em que se encontra inserido e que informação deverá aceder [4]. Desta maneira, empregando a matriz CRUD, consegue-se determinar, em função dos processos de negócio que desenvolvem, a que informação os atores necessitam de aceder e, simultaneamente, permite que todos percebam a que informação devem aceder para desenvolver as suas atividades e a razão subjacente à sua existência, uniformizando conceitos e potenciando a criação de ontologias.

IV. PROPOSTA DE UMA NOVA ASI PARA O INE DE MOÇAMBIQUE

Nesta seção faz-se análise da atual ASI do INE-mz, identificação dos problemas existentes e conceção da nova ASI. Foi aplicada a metodologia BSP para a matriz CRUD para o estudo. A metodologia BSP foi ajustada aos requisitos particulares do projeto por via da eliminação de algumas etapas, desnecessárias no caso, e pela adaptação de outras ao planeamento de ASI. Os dados sobre o INE-mz foram obtidos através de entrevistas feitas aos funcionários selecionados com base no conhecimento da instituição e experiência. Alguns documentos, tais como o manual de procedimentos para a produção estatística e o portal da instituição foram consultados. As entrevistas foram feitas a três funcionários (oralmente), outros três por meio telefónico, entre os quais dois membros seniores da DICRE, e ainda houve troca de vários *emails*. Optou-se por entrevistas semi-estruturadas, com o agendamento de diversos pontos a serem explorados com os entrevistados, tendo permitido maior profundidade dos dados a serem coletados.

A. ASI Atual

O estudo permitiu a identificação de 10 processos e 18 entidades informacionais mais importantes, conforme a matriz CRUD da “Fig. 1”.

PROCESSOS	ENTIDADES INFORMACIONAIS																		
	Infra-estrutura	Utilizador	Equipas	Formação	Expedientes	Documento Metodológico	Operação Estatística	Relatório Necessidades	Produtor Estatístico	Fórum	Unidade Estatística	Produto Estatístico	Relatório de Avaliação	Plano de Amostragem	Registo e Classificações	Nótipo Estatístico	Base Cartográfica	Anonima	
Construção dos Instrumentos de Produção	CRU	CRU	CRU	CRU	R	CRUD													
Especificação das Necessidades						C	CRU	CR	CRU	CRUD									R
Desenho do Projeto						CRUD	CR	R			R					C		C	C
Aprovação Técnica da operação estatística						RU													
Recolha de Dados											CR	RU			R				RU
Tratamento dos Dados											CRUD	CRUD	CR						R
Análise de Dados											CRUD	RU							CR
Disseminação																			U
Monitoria e Avaliação																			U
Infra-estruturas Apoio						R													CU
																			CU

Figura 1: Matriz CRUD base

Cada célula da matriz CRUD descreve as ações que um processo exerce sobre uma entidade informacional associada, que são: Create (C), Read (R), Update (U) e Delete (D). Os agrupamentos mais relevantes dessas ações serviram para identificar os principais sistemas existentes atualmente, que são: Gestão dos Instrumentos de Produção, Gestão de Projetos, Gestão de Dados e Análise e Disseminação de Informação Estatística, de acordo com a “Fig. 2”.

PROCESSOS	ENTIDADES INFORMACIONAIS																		
	Infra-estrutura	Utilizador	Equipas	Formação	Expedientes	Documento Metodológico	Operação Estatística	Relatório Necessidades	Produtor Estatístico	Fórum	Unidade Estatística	Produto Estatístico	Relatório de Avaliação	Plano de Amostragem	Registo e Classificações	Nótipo Estatístico	Base Cartográfica	Anonima	
Construção dos Instrumentos de Produção	CRU	CRU	CRU	CRU	R	CRUD													
Especificação das Necessidades						C	CRU	CR	CRU	CRUD									R
Desenho do Projeto						CRUD	CR	R			R					C		C	C
Aprovação Técnica da operação estatística						RU													
Recolha de Dados											CR	RU			R				RU
Tratamento dos Dados											CRUD	CRUD	CR						R
Análise de Dados											CRUD	RU							CR
Disseminação																			U
Monitoria e Avaliação																			U
Infra-estruturas Apoio						R													CU
																			CU

Figura 2: Matriz CRUD com Sis atuais

Existe atualmente o SIEE (Sistema Integrado de Estatísticas Económicas) que faz parte dos SI de Gestão de Dados (que pertence ao pelouro das Estatísticas Económicas) atendendo às atividades de recolha, tratamento e análise de dados. Constatou-se que este sistema é o único que está devidamente automatizado, atendendo somente aos processos do pelouro económico. A maioria das atividades é efetuada manualmente. As poucas aplicações existentes encontram-se dispersas geograficamente pelo país, atendendo a necessidades muito específicas e sem qualquer integração, provocando grandes prejuízos financeiros, muito tempo de execução e grande esforço físico dos funcionários e agentes contratados para a realização das tarefas. O IOF (Inquérito aos Orçamentos Familiares) 2014/15, por exemplo, estava previsto para um ano antes, o Departamento das Contas Nacionais não foi capaz de atualizar o seu ano base, sem que essa operação começasse; a disponibilidade dos indicadores produzidos depende da disciplina estatística da instituição, e o inquérito anual à empresa demora a fornecer dados, não tendo como utilizá-los. Isto acontece por falta de integração de sistemas e pelo processamento manual. Também com a proliferação de SI os problemas da falta de integração se multiplicam, colocando a organização num caos. Aliado a esta situação estão os problemas de manutenção desses SI que, trabalhando nessas condições, muitos recursos serão consumidos, o que torna difícil alcançar-se o retorno do investimento feito. Verificou-se também durante o estudo que as mudanças que ocorrem na população alvo de uma OE e a distinção das OE umas com as outras dificulta a identificação dos reais processos que a organização precisa e consequentemente nas aplicações necessárias.

Diante destes factos, assume-se que uma nova ASI é o conceito que falta na estrutura atual dos SI e aplicações do INE-mz.

Durante o estudo foram identificadas as Oportunidades de Sistemas de Informação (OSI) [15] [16] visando comparar a qualidade dos SI atuais com a qualidade adequada pretendida e identificar as lacunas. Foram identificadas as seguintes OSI:

OSI 1 - Gestão e Controlo de Operação Estatística

- Justificação: OSI por lacuna
- Descrição:

Dada a inexistência de um SI que permite a gestão e controlo de OE, desde a sua criação, especificação dos requisitos, até à sua aprovação técnica, para a instituição é importante implementar um sistema deste tipo. Este SI permitirá a criação de OE com qualidade e performance desejadas, uso eficiente de recursos, cumprimento de prazos e orçamento e facilitação da documentação.

OSI 2 - Integração de Padrões de Dados e Metadados

- Justificação: OSI por lacuna
- Descrição:

O INE carece de um sistema que possibilite a integração dos dados comuns entre padrões distintos, para proporcionar um repositório onde um único sistema possa gerir os metadados⁵ de vários padrões. Iniciar o processo de gestão de dados e metadados, localizar e compreender os dados disponíveis e o seu contexto é uma tarefa difícil de ser realizada. Metadados são elementos fundamentais para a integração, interpretação, organização e localização de informações. Por isso, propõe-se que o INE-mz adote padrões de metadados para tratar cada tipo de informação que gere, resolvendo parte do problema, pois utilizando padrões distintos surgem os problemas de integração dos dados entre os padrões.

OSI 3 - Aplicação dos Instrumentos Normativos

- Justificação: OSI por lacuna
- Descrição:

Durante o processo da aprovação técnica da OE, que é uma etapa crucial, resente-se da ausência de um sistema que assegure a aplicação correta dos instrumentos normativos (classificações, conceitos e definições internacionalmente harmonizados e comparáveis) bem como das metodologias e técnicas estatísticas usadas pelas unidades orgânicas intervenientes na produção das estatísticas. Por esta razão é importante implementar um sistema deste tipo.

OSI 4 – Gestão de Dados Estatísticos

- Justificação: OSI por melhoria
- Descrição:

Existe atualmente o SIEE ao nível das Estatísticas Económicas, portanto, útil na criação de produtos estatísticos, no entanto é necessário incluir as funções de todos os órgãos centrais integradas no mesmo sistema, e permitir a recolha de dados por mecanismos web ao nível das DPINE.

OSI 5 – Portal INE

- Justificação: OSI por integração
- Descrição:

A OSI identificada ao nível do portal resulta de uma visão integrada sobre este componente de aplicação comumente relacionado com o tratamento e divulgação dos produtos estatísticos. Esta integração visa promover uma interligação entre o portal e os sistemas de processamento de produtos estatísticos para que a sua exposição ao portal seja automática, evitando o atual cenário em que ainda depende do envio de email e ultrapassando-se também questões de *timings* nos compromissos de apresentação dos produtos estatísticos ao governo e outros utilizadores.

Após a identificação das OSI fez-se uma análise (qualitativa) para determinar-se o grau de necessidade de cada tipo de OSI em termos percentuais. O gráfico abaixo (“Fig. 3”) mostra a distribuição percentual da análise feita.

Grau de Necessidade

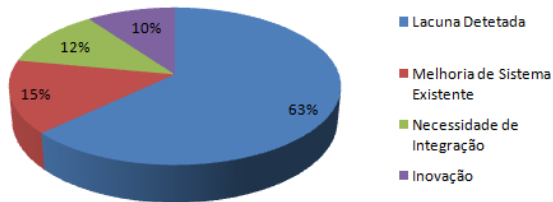


Figura 3: Distribuição percentual do grau de necessidade de OSIs

Com base neste gráfico, na ASI proposta para o INE o maior esforço será de aquisição/desenvolvimento de novos SI/aplicações pois a maior percentagem é por lacuna.

B. ASI Proposta

Na nova ASI serão integradas, à matriz CRUD inicial, as OSI identificadas na ASI atual, resultando na matriz CRUD final como a da “Fig. 4”.

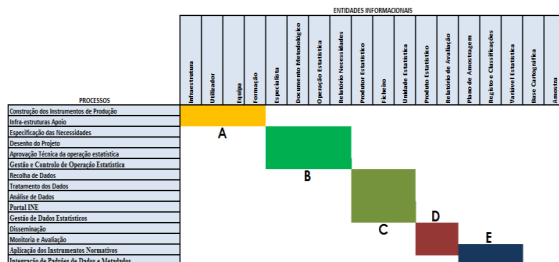


Figura 4: Matriz CRUD com novos SIs

Os sistemas A,B,C e D são os que já existiam na matriz inicial, isto é, são os sistemas: Gestão dos Instrumentos de Produção, Gestão de Projetos, Gestão de Dados e Análise e Disseminação de Informação Estatística, porém com mais funções devido à inclusão de OSI nos processos. O sistema E é novo, surgiu da inclusão de OSI e designa-se por Aplicação de Normas e Padrões.

A “Fig. 5” mostra as necessidades de integração dos sistemas da nova ASI.

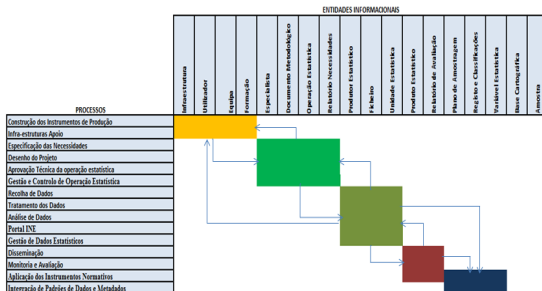


Figura 5: Integração de SI da nova ASI

Neste diagrama estão ilustradas as interligações entre os sistemas, tendo em conta as necessidades de informações que

⁵ **Metadados:** dados sobre outros dados. Os metadados facilitam o entendimento dos relacionamentos e a utilidade das informações dos dados.

justificam essas interligações. Por exemplo: durante o processamento de dados, no Sistema de Gestão de Dados, é necessário consultar dados sobre instrumentos de recolha, que devem ser processados no Sistema de Gestão dos Instrumentos de Produção. Por sua vez, o Sistema de Gestão dos Instrumentos de Produção necessita das especificações metodológicas, que são processadas no Sistema de Gestão de Projetos. E assim por diante.

A implementação desta solução irá permitir ao INE-mz:

- Cobertura de quase 100% dos processos pelos SI;
- Redução do esforço e custos nas OE porque os SI irão cobrir a maior parte dos processos;
- Um contexto estratégico para o planeamento e evolução dos SI em resposta à constante evolução das necessidades estatísticas;
- Através da matriz CRUD processos reais de qualquer OE e respetivas aplicações são conhecidos, permitindo assim construir SI que atendam ao caráter variável dos processos estatísticos e distinção das OE;
- Melhor retorno sobre o investimento existente e redução de riscos para futuros investimentos devido à redução da complexidade na estrutura dos SI;
- Solução do problema do processamento manual que originava erros e omissões de dados através das novas aplicações e sua integração;
- Resolução do problema da proliferação de SI porque estes são identificados e integrados na ASI concebida com lógica;
- Fácil manutenção dos SI porque os sistemas estão integrados numa arquitetura concebida com lógica.

V. CONCLUSÕES

O objetivo principal deste trabalho foi conceber uma nova ASI para o INE de Moçambique. A concretização deste objetivo teve em consideração o interesse dos autores em contribuir para um melhor desempenho da instituição através duma ASI adequada às suas atividades, de forma a alinhar o seu SI com as novas exigências, tanto dos utilizadores que necessitam de melhor acesso à informação estatística nacional e de uma forma mais rápida, como das necessidades legais em garantir respostas mais eficazes e eficientes.

Foi constatado que um dos grandes problemas com que o INE de Moçambique se depara é a falta de alinhamento dos seus SI com o negócio. Outro problema detetado, prende-se com a falta de integração entre os sistemas existentes e o processamento manual. Estes problemas são vistos muitas vezes como um obstáculo para atingir o sucesso. Felizmente a ASI já começa a ser vista nas organizações, pelos novos recursos humanos, não somente sob a ótica da tecnologia, mas também como um meio para atingir os objetivos e estratégias. A solução foi concebida sob orientação da metodologia BSP Adaptada, com a matriz CRUD. Esta Metodologia mostrou-se suficientemente flexível e adequada ao contexto onde foi aplicada. Foi, assim, concretizado o objetivo principal deste estudo. Graças à definição da ASI, foi possível a caracterização dos SI, onde podem ser verificadas as aplicações informáticas existentes, identificadas novas aplicações e qual o apoio que proporcionam à ASI definida.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pelo seu fôlego de vida, pela força e coragem durante esta caminhada. A todos os professores, colegas e amigos, que têm sido tão importantes neste percurso académico através do seu incentivo e apoio constantes. Agradecemos igualmente à Nova Information Management School pelo seu apoio nestas aventuras tão importantes das nossas vidas. E a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de nós, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena. Muito obrigado!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Biblia, S. (2001). Números. *Tradução de Almeida Revista e Corrigida*, 129.
- [2] Brito, C. (2003). *Mat 10 - 2ª Parte*. Lisboa: Lisboa Editora.
- [3] Caralli, R. A. (2004). *The Critical Success Factor Method: Establishin a Foundation For Enterprise Security Management*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.
- [4] Gama, N., Da Silva, M. M., Cactano, A., & Tribolet, J. (2007). Integrar a Arquitectura Organizacional na Arquitectura Empresarial.
- [5] Guerra, M., Pardal, M., & Da Silva, M. M. (2004). *An Integration Methodology Based On The Enterprise Architecture*.
- [6] Ignácio, S. A. (Outubro de 2010). Importância da Estatística para o Processo de Conhecimento e Tomada de Decisão. *Nova Técnica Iparades*.
- [7] INE. (7 de Abril de 2015). *Instituto Nacional de Estatística*. Obtido de <http://www.ine.gov.mz/o-ine/missoa-visao-valores-objetivos-e-desafios>
- [8] ISRD-GROUP. (2007). *Structured System Analysis and Design*. Nova Deli: Tata McGraw-Hill.
- [9] Kelasti. (2009). *Business System Planning*.
- [10] Ledere, A. L., Katz, J. M., & Seth, V. (September de 1988). The Implementation of Strategic Information Systems Planning Methodologies. *MIS Quarter*, pp. 446-447.
- [11] Macgregor, S. (Março de 2011). *Enterprise Architecture As Competitive Advantage*. *Realirm*.
- [12] Mouzinho, B. (2014). *CountrySTAT Para Países da África Subsaariana*. Maputo: FAO.
- [13] Niven, P. R. (2003). *Balanced Scorecard for Government and Nonprofit Agencies*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- [14] Power, D. J. (2011). *Process Mapping and Management*. Nova Iorque: Sue Conger.
- [15] Santos, V.; Amaral, L.; Mamede, H.; Gonçalves, R. (2015) "Creativity in the Information Systems Planning Process". In *Handbook of Research on Innovations in Information Retrieval, Analysis, and Management*. IGI-Global.
- [16] Santos, V., Amaral, L. (2012) "Estratégias para a introdução de Criatividade em diferentes abordagens de Planeamento de Sistemas de Informação - 11ª Conferência da Associação Portuguesa de Sistemas de Informação - Guimarães, Portugal, Setembro 8-10
- [17] Pereira, J.; Martins, J.; Santos, V.; Gonçalves, R.; (2014). "CRUDI Framework - Maximizing ROI and Agility in Information Systems investment decisions". *Behaviour & Information Technology*, indexada em Science Citation Index, Scopus, Social Science Citation Index, CINAHL, Compendex, INSPEC, Academic Search Premier, FRANCIS, PASCAL, Business Source Elite, Communication & Mass Media Index, Communication Abstracts, Educational research abstracts (ERA), Library and Information Science Abstracts e Psycinfo
- [18] Pereira, J., Martins J., Santos, V., Gonçalves R. (2014) " CRUDI Framework Application - Insurance Company Case Study" - 9ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (CISTI) [ISI], [IEEE], Barcelona 18 a 21 de Junho
- [19] Soares, E. P., Duarte, M. D., & Almeida, A. T. (Dezembro de 2008). *Planejamento de Sistemas de Informação baseado na Revista Eletrônica Sistemas & Gestão*.
- [20] Tait, T. F., Pacheco, R. C., & Abreu, A. F. (22 de Agosto de 1998). *Arquitetura de Sistemas de Informação. Evolução e Análise Comparativa de Modelos*.

Escalonamento de pessoal

O ponto de partida para a resolução de casos reais

Personnel scheduling

The starting point for solving real cases

Tiago Lopes, Pedro Fernandes, Armando Barbosa

Bullet Solutions
Porto, Portugal
tiago.lopes@bulletolutions.com,
pedro.fernandes@bulletolutions.com,
armando.barbosa@bulletolutions.com

Carla Pereira

CIICESI-ESTGF, Instituto Politécnico do Porto
INESC TEC (anteriormente INESC Porto)
Felgueiras, Portugal; Porto, Portugal
carla.pereira@eu.ipp.pt

Resumo — O escalonamento de pessoal é um problema muito estudado, tanto pela comunidade científica como pelos gestores e responsáveis pelos recursos humanos das empresas. O impacto financeiro das decisões tomadas, o bem-estar dos colaboradores, ou conceitos mais subjetivos como “justiça” e “equilíbrio”, acabam por transformar este caso em muito mais do que um simples problema rotineiro. Quando se fala em escalonamento de pessoal médico, dificuldades adicionais são encontradas, como a continuidade do trabalho (24 horas por dia, 7 dias por semana), ou a qualidade de serviço que tem de ser assegurada. O trabalho apresentado neste artigo teve como ponto de partida as regras definidas no INRCII – Second International Nurse Rostering Competition – mas sempre com a visão de criar as bases necessárias para o futuro desenvolvimento de um produto genérico de escalonamento automático e otimizado de pessoal.

Palavras Chave - heurísticas, otimização combinatória, escalonamento de pessoal, algoritmos.

Abstract — Personnel scheduling problems are widely studied both by the scientific community and by the human resource managers of the companies. The financial impact of the decisions, the welfare of the employees, or more subjective concepts like "fairness" and "balance", turn this case into much more than just a routine problem. When it comes to medical personnel scheduling, additional difficulties can be found, such as uninterrupted work (24 hours per day, 7 days per week), or the quality of service that has to be ensured. The work presented in this paper was based on the rules defined in INRCII - Second International Nurse Rostering Competition - but always with the vision of creating the necessary basis for the future development of an automatic and optimized generic personnel scheduling software.

Keywords - heuristics, combinatorial optimization, personnel scheduling, algorithms.

I. INTRODUÇÃO

O escalonamento de pessoal é um problema muito estudado, tanto pela comunidade científica, como pelos gestores e responsáveis pelos recursos humanos das empresas. É um problema com especial importância no setor dos serviços,

nomeadamente no escalonamento de pessoal médico, podendo-se afirmar que é um problema com grande impacto na qualidade da assistência médica [1]. Na sua resolução tem de ser considerado o impacto financeiro das decisões tomadas, o bem-estar dos colaboradores, ou conceitos mais subjetivos como “justiça” e “equilíbrio”, que acabam por transformar este caso em muito mais do que um simples problema rotineiro. O escalonamento de pessoal médico é um problema complexo que surge habitualmente decomposto nos subproblemas de *nurse staffing*, *nurse rostering* e *nurse rostering*. *Nurse staffing* determina o número de recursos necessários e os seus diferentes níveis de qualificação. *Nurse rostering* é a tarefa de encontrar uma escala de serviço para um conjunto de recursos, respeitando regras, normas de trabalho e pedidos da administração. *Nurse rostering* tem como objetivo criar uma escala de serviço, com as mudanças necessárias, o mais aproximada das listas geradas anteriormente [1]. Quando se fala em escalonamento de pessoal médico, dificuldades adicionais são encontradas, como a continuidade do trabalho (24 horas por dia, 7 dias por semana), ou a qualidade de serviço que tem de ser assegurada.

O projeto apresentado neste artigo teve como objetivo procurar uma nova abordagem ao modo de resolução do problema de *nurse rostering* (NRP), através da implementação de uma solução funcional e modular. Assim, o projeto centrou-se no desenvolvimento e implementação de algoritmos que, posteriormente, serão aplicados em produtos da empresa Bullet Solutions.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A secção II mostra uma visão geral do NRP. A secção III descreve o problema a resolver. Na secção IV é feita uma apresentação da abordagem e da arquitetura da solução. A secção V apresenta os resultados obtidos. A secção VI apresenta as principais conclusões e possibilidades de trabalho futuro.

II. O PROBLEMA DE NURSE ROSTERING

O NRP pertence à família dos problemas de *timetabling*. É um problema que tem vindo a ser estudado há mais de 40 anos e cuja literatura disponível é muito extensa. Em 2004, *Burke et*

al. fizeram uma revisão do estado da arte [1] muito citada por outros artigos publicados na área do NRP, sendo que esta revisão expressa muito bem quão extensa é a informação disponível sobre o tema.

A. Características Gerais

Na literatura, o NRP é geralmente definido como um problema que tem como objetivo determinar os recursos, com um conjunto de competências, necessários num dado momento para responder a uma determinada necessidade [1].

Segundo a revisão do estado da arte de *Burke et al.* [1], encontramos associado ao NRP fatores como as características e estruturas organizacionais, categorias de competências do pessoal, preferências de trabalho e as necessidades dos pacientes. A consideração destes fatores leva a que a geração de escalas seja uma tarefa muito complexa [1]. Os conceitos que geralmente são encontrados em formulações de problemas NRP são:

- *Horizonte de planeamento*: Intervalo de tempo que vai ser gerado para cada escala. Tipicamente o tamanho do horizonte de geração é de 4 semanas [1].
- *Competências*: Determinam a categoria do recurso, quem tem determinada qualificação, competência ou responsabilidade.
- *Turnos*: Os turnos são a divisão temporal dos deveres da organização. Geralmente, os turnos têm uma hora de início e de fim bem definida. Na literatura é tradicional encontrar a divisão em 3 turnos: manhã (ex.: 7:00 – 15:00), tarde (ex.: 15:00 – 22:00) e noite (ex.: 22:00 – 7:00) [1].
- *Necessidades*: As necessidades expressam o número de recursos necessários para cada competência e para cada turno ou intervalo de tempo no horizonte de planeamento.
- *Regras relacionadas com tempo*: Este tipo de regras, geralmente, referem-se aos pedidos dos recursos (ex.: férias ou ausências), às suas preferências (ex.: evitar alocar turnos na quarta-feira) e regras para equilibrar a carga de trabalho de pessoas que pertencem à mesma categoria (ex.: o contrato de trabalho estabelecido com a instituição).
- *Restrições*: Conjunto de regras que devem ser obrigatoriamente satisfeitas, caso contrário não se pode dizer que a solução é viável.
- *Objetivos*: Conjunto de regras que definem o que se pretende alcançar. Contudo, estes podem não ser totalmente cumpridos de modo a gerar uma solução viável.

B. Abordagens propostas na literatura

São vários os trabalhos e abordagens que podem ser encontrados nesta área, desde a publicação dos primeiros trabalhos sobre NRP em 1976, por *Warner* [2] e *Miller* [3]. Os

primeiros trabalhos que surgiram propuseram abordagens de otimização baseadas em modelos matemáticos lineares. Os métodos de otimização com base em modelos matemáticos são apropriados para encontrar a solução ótima. No que toca ao NRP, a sua simplicidade limita a própria abordagem dada a quantidade de restrições e objetivos que compõem os NRP modernos [1]. Para a maioria dos problemas, encontrar a solução ótima não é só completamente impraticável como é algo sem sentido [4]. Os administradores dos hospitais não procuram a solução ótima, procuram gerar o mais rápido possível uma solução viável e de qualidade, cumprindo o máximo de objetivos especificados [1].

A visão dos administradores dos hospitais vai de encontro às abordagens através de heurísticas e meta-heurísticas. Estas abordagens ajustam-se mais às necessidades dos problemas reais [1]. Os métodos heurísticos ganharam expressão entre 1980 e 2000, como, por exemplo: *Anzai e Miura*, 1987; *Blau*, 1985; *Kostreva e Jennings*, 1991; *Smith*, 1979; *Smith e Wiggins*, 1977; entre outros [1]. A partir de 1990 começaram maioritariamente a aparecer propostas de abordagens baseadas em meta-heurísticas como, por exemplo: *Bellantii et al.*, 2004 [5]; *Maenhout e Vanhoucke*, 2007 [6]; *Burke et al.*, 2010 [7]; *Lu e Hao*, 2012 [8].

As heurísticas são mais adequadas aos problemas NRP do mundo real do que propriamente os métodos exatos, devido ao seu tamanho e à falta de conhecimento que existe sobre a estrutura dos mesmos. Os escalonadores heurísticos traçam uma série de etapas por forma a gerar a solução que mais respeite os objetivos. A maioria é desenvolvida de forma cíclica e recorrem a um método de tentativa/erro por forma a encontrar a melhor solução. Uma grande parte dos trabalhos publicados consideram as meta-heurísticas como uma abordagem mais moderna para encontrar soluções em problemas de escalonamento [1]. As meta-heurísticas conseguem gerar soluções aceitáveis mesmo nos casos em que a carga de restrições é extremamente elevada e em casos em que encontrar a solução viável é muito difícil [1].

III. MODELAÇÃO DO PROBLEMA A RESOLVER

A empresa *Bullet Solutions* participou no INRCII com os objetivos de resolver o problema proposto pela competição e, em simultâneo, criar a base para a resolução de problemas de escalonamento reais.

O problema é definido por um cenário, um conjunto de semanas e uma primeira descrição do histórico. Os problemas são resolvidos em fases de 1 semana (múltiplas etapas), cobrindo o cenário total de 4 ou 8 semanas consecutivas. Após cada fase, as informações para a fase seguinte ficam disponíveis [9]. Cada semana tem um tempo máximo (definido pelo concurso) para procurar a solução. O tempo começa a contar desde a construção da solução inicial.

A abordagem de múltiplas etapas torna o problema mais complexo. Só é gerada uma etapa de cada vez e não podem ser alteradas etapas anteriores. A solução de uma etapa é encontrada sem conhecimento das etapas seguintes e estando já hipotecada pelas decisões tomadas nas etapas anteriores.

A. Conceitos Fundamentais

O problema consiste num escalonamento de múltiplas etapas para um grupo de recursos que pode laborar num conjunto de turnos em cada dia ou então usufruir de um dia de folga. Os recursos têm um conjunto de competências e cada competência permite ao recurso dar resposta a diferentes necessidades.

Horizonte de planeamento: Pode estar dividido em várias etapas, que podem variar entre 4 ou 8 semanas consecutivas.

Competências: Referem-se ao nível de qualificação ou responsabilidades (ex.: enfermeiro chefe, enfermeiro, auxiliar, entre outros). A cada recurso está associado um conjunto de competências que ajudam a mapear os recursos com os turnos que estes podem realizar.

Turno: O número de turnos em que o dia está dividido é dinâmico. Os turnos considerados por omissão são Manhã, Tarde, Noite e Dia.

Recursos: São os colaboradores. Cada recurso pode ter uma ou mais competências e tem um contrato associado.

Contrato: É o conjunto de regras que permite limitar o escalonamento do recurso. Por exemplo, um contrato de tempo parcial limita a metade os dias de trabalho do recurso no horizonte de planeamento.

Necessidade: É uma combinação do dia, com o turno e a competência. Uma necessidade pode requerer que o recurso tenha uma ou mais competências para poder ser alocado.

Preferências dos Recursos: É a definição das regras pessoais de determinado recurso. O colaborador pode preferir não trabalhar um turno de determinado dia ou mesmo não trabalhar o dia completo.

B. Restrições

A lista abaixo apresentada identifica o conjunto de restrições que terão de ser respeitadas:

1. Cada recurso realiza apenas um turno de trabalho por dia ou está de folga.
2. Respeitar as necessidades mínimas definidas para cada turno, por cada competência.
3. Respeitar as sequências de turnos proibidas. Por exemplo, partindo do pressuposto que a sequência Noite-Manhã não pode ocorrer, se um enfermeiro realizar o turno da Noite, no dia seguinte não pode ser alocado ao turno da Manhã.
4. Cada necessidade apenas é desempenhada por recursos com a competência requerida.

C. Objetivos

Os objetivos e as penalizações apresentados encontram-se definidos de acordo com as regras do concurso mencionado:

1. Atribuir o número ótimo de recursos solicitado pelas necessidades. Por cada recurso a menos é atribuída uma penalização de 30 pontos. Ultrapassar esse valor ótimo não implica qualquer penalização.

2. Respeitar o número mínimo e o número máximo de dias de trabalho consecutivos. Caso não sejam respeitados, são aplicadas as seguintes penalizações: 15 pontos por cada dia que fique abaixo do mínimo; 30 pontos por cada dia que fique acima do máximo.
3. Respeitar o número mínimo e o número máximo de dias de descanso. Em caso de incumprimento é aplicada uma penalização de 30 pontos por cada dia a mais ou a menos do respetivo valor definido.
4. Respeitar as preferências dos recursos. Por cada preferência não respeitada é atribuída uma penalização de 10 pontos.
5. Cumprir os fins-de-semana completos de trabalho ou de descanso. Se o contrato de um recurso especificar que prefere trabalhar/descansar o fim-de-semana completo, é atribuída uma penalização de 30 pontos se o mesmo só trabalhar apenas um dia do fim-de-semana.
6. Respeitar os limites mínimos e máximos do total de dias de trabalho. Caso o número total de dias de trabalho não respeite o limite superior ou inferior é aplicada uma penalização de 20 pontos por cada dia a mais ou a menos.
7. Respeitar o número total de fins-de-semana de trabalho. Não respeitar o número máximo de fins-de-semana de trabalho penaliza 30 pontos por cada fim-de-semana extra. Caso o recurso só trabalhe o sábado ou o domingo é contabilizado como fim-de-semana de trabalho.

A qualidade de uma solução está associada ao cumprimento do conjunto de objetivos. A melhor solução é aquela que, respeitando todas as restrições, apresente um total de pontos de penalização inferior.

IV. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

A meta principal para os algoritmos é a possibilidade de aplicar os mesmos a casos reais. A infraestrutura de suporte deverá ser extensível e de fácil manutenção, para que os algoritmos possam ser adaptados a diferentes problemas de escalonamento de pessoal, através de pequenas adaptações. Nesta abordagem explorou-se a programação funcional (PF), para perceber o impacto ao nível da manutenção do código e da performance do mesmo. As próximas secções apresentam os conceitos utilizados, a arquitetura e a especificação dos algoritmos implementados.

A. Abordagem

A implementação centra-se nos conceitos subjacentes à PF. A PF trata a lógica da programação como a avaliação de funções matemáticas. Uma função matemática define um mapeamento entre os valores do domínio e os valores da imagem. Da mesma forma, uma função em PF para um dado valor de entrada deve obter sempre o mesmo valor de saída. A PF tem como objetivo evitar estados ou dados mutáveis tornando assim mais fácil a programação paralela e a gestão de concorrência sobre os dados [10].

1) Linguagem Funcional

Existem várias linguagens funcionais como APL, Lisp, ML, Haskell, OCaml e F#. Por questões de maior compatibilidade com os sistemas da empresa Bullet Solutions, a linguagem funcional escolhida foi o F#. Não sendo uma linguagem de PF pura, é uma linguagem híbrida que permite aproveitar o que de melhor existe na PF e na programação imperativa. É uma linguagem que tem o objetivo de trazer as vantagens do paradigma funcional para escrever código simples na resolução de problemas complexos [11].

No campo do desenvolvimento de produtos no contexto empresarial, é uma linguagem que agiliza o desenvolvimento, ou seja, tem o objetivo de reduzir o tempo de desenvolvimento de componentes de software. O F# é uma linguagem interoperável com as restantes linguagens da *framework* .NET, podendo-se tirar partido das vantagens das linguagens orientadas a objetos, como o C#, aliadas ao paradigma funcional.

2) Dados mutáveis e imutáveis

Um dos conceitos importantes aplicado neste trabalho é a imutabilidade dos dados. Em F#, por omissão, as variáveis declaradas são definidas como imutáveis. Isto significa que o seu valor não pode ser alterado. A imutabilidade permite que o processamento de funções sobre os dados não deixe efeitos colaterais como acontece na utilização de dados mutáveis. Com os dados mutáveis quando os dados são manipulados, as alterações são propagadas a todos os pontos onde estes são referenciados.

A característica dos dados imutáveis permite inclusive que possam ser processados em simultâneo.

3) Gestão da solução

O processo de pesquisa de novas soluções obriga a alterar a solução para avaliarmos novas opções. A alteração de uma estrutura mutável traz a necessidade de armazenar todas as alterações efetuadas ao avaliar outras soluções, para que seja possível reverter para a solução original, caso não seja encontrada uma solução melhor.

Para gerir a solução recorreu-se ao conceito da imutabilidade e à definição de funções. Como já referido, num paradigma funcional, uma função faz o mapeamento de um valor de entrada para um valor de saída, garantindo que para um dado valor de entrada é devolvido um determinado valor de saída.

A gestão da solução vai ser efetuada dessa mesma forma. Ao aplicar o algoritmo à Solução A, dá origem a uma Solução A'. Seguindo este método, mantém-se o estado da Solução A e gera-se a Solução A'. Isto permite que a qualquer momento seja possível ignorar uma solução, se ela não for melhor que a anterior.

Neste projeto evitou-se ao máximo o uso de dados mutáveis a nível global para se conseguir aplicar a filosofia base das funções matemáticas. Com isto, é possível paralelizar, tanto parcialmente, como na sua totalidade, os algoritmos.

B. Arquitetura

No desenho desta arquitetura (Figura 1) teve-se sempre em foco a construção de um *solver* modular que permita de forma fácil desenhar e substituir módulos por outros mais evoluídos.

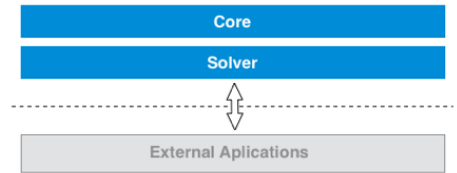


Figura 1. Arquitetura global da solução

O software encontra-se estruturado em duas camadas: *solver* e *core*. A camada do *solver* é constituída pelos componentes que têm a necessidade de ser ajustados à medida do problema a ser resolvido. A forma de converter os dados pode ser adaptada a novas fontes e estruturas de informação, o que torna o *solver* mais flexível. A camada do *solver* também é responsável por comunicar com as aplicações externas à solução. A camada do *core* suporta os componentes de geração, ou seja, é nesta camada que se encontram os algoritmos de construção da solução inicial, os algoritmos de otimização, entre outros componentes que serão especificados mais à frente neste artigo.

1) A camada solver

A camada *solver* (Figura 2) divide-se em três componentes: **Data Manager**, **Parser** e **Main Algorithm**.

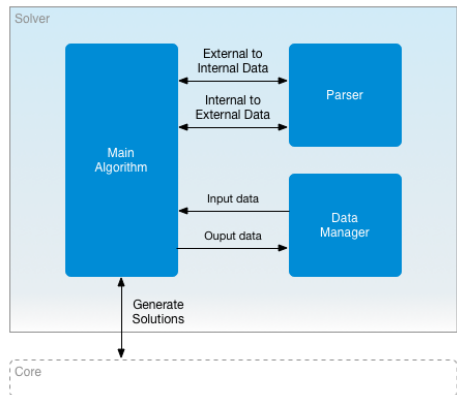


Figura 2. Arquitetura da camada solver

O **Data Manager** é o componente responsável por gerir a comunicação do *solver* com o exterior. Este componente permite ler um problema para gerar a solução, publicar a solução e a informação customizada sobre a geração.

O **Parser** é o componente com a responsabilidade de traduzir a informação externa para informação útil ao *solver*. Os dados resultantes das conversões do *parser* são a estrutura base da solução com as restrições, as necessidades e os recursos envolvidos no processo.

O *Main Algorithm* é a peça principal desta camada. Este algoritmo começa por recolher os dados externos para começar a construir a estrutura para resolver o problema. Depois de ler os dados externos entrega os mesmos ao *parser* para que este faça as conversões necessárias e devolva o “ponto zero” da solução. O ponto zero, na sua essência, é a estrutura preenchida com as restrições, recursos, turnos e as necessidades. Após estar gerada a estrutura da solução, o algoritmo base entrega a mesma ao componente da camada *core* responsável por construir a solução inicial. Em seguida, depois de obtida a solução inicial, segue-se para a fase de otimização. A fase de otimização termina assim que obedecer a todos os critérios de paragem.

2) A camada core

A camada *core* (Figura 3) é constituída por 9 componentes: **Domain**, **Domain Functions**, **Randomness**, **Urgency**, **Weight**, **Impossibility**, **Exception**, **Optimization** e **Building**.

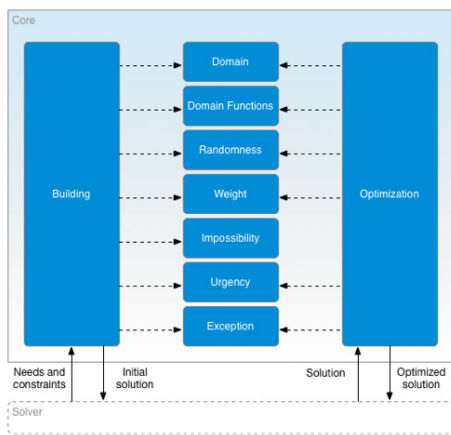


Figura 3. Arquitetura da camada core

O componente *Domain* é o componente que agrupa todas as estruturas internas sobre as quais os algoritmos vão trabalhar. Ao componente *Domain* está diretamente acoplado o componente *Domain Functions*. Este permite efetuar a separação das ações base que podem ser aplicadas sobre as estruturas de domínio. Optou-se por agrupar a lógica de domínio num componente à parte, por forma a facilitar futuras manutenções no código.

O componente *Randomness* é responsável pela aleatoriedade. Este componente é utilizado em casos de empate, para escolher recursos ou turnos aleatoriamente. O componente *Urgency* é um dos que mais usa o componente *Randomness*. O componente *Urgency* é responsável por estabelecer a ordem de prioridade com que os recursos são colocados.

A avaliação das soluções é feita através do componente *Weight*, sendo também responsável pela manutenção da função objetivo. Neste componente existem dois tipos de avaliação: global e local. Para cada uma das avaliações é mantida uma

lista de objetivos ativos, o que permite gerir o que é avaliado a cada momento.

Quando uma geração é impossível de resolver na fase de construção da solução inicial, a solução é entregue ao componente *Impossibility*. Este componente agrupa um conjunto de métodos para tentar encontrar alternativas de forma inteligente e orientada. Caso a solução seja declarada impossível por este método, a geração termina, pois não foi possível encontrar uma solução viável para o conjunto de restrições definido.

A fase de construção da solução acontece no componente *Building*. Este componente é constituído por um conjunto de funções que alocam os recursos às necessidades para formar a solução inicial. É considerada uma solução inicial quando todas as restrições do problema são satisfeitas, ou seja, quando se chega a uma solução viável, nomeadamente no que diz respeito ao cumprimento das necessidades mínimas definidas.

A fase de otimização é implementada no componente *Optimization*. Este componente é constituído por um conjunto de algoritmos e por um conjunto de vizinhanças que são executadas pelos algoritmos. Um algoritmo executa uma iteração sobre a solução e devolve a melhor solução encontrada para essa iteração.

C. Algoritmos

Como já foi referido, o algoritmo é constituído por duas fases: construção da solução inicial e otimização.

Na fase de construção da solução inicial é utilizada uma heurística construtiva. É uma heurística sequencial, que resolve as necessidades de acordo com a sua urgência. Foram definidos três critérios de urgência diferentes. A ordem estabelecida por estes critérios de urgência é baseada no número de recursos disponível para alocar a uma necessidade (N_a) e o número de recursos que ainda falta alocar para cumprir uma necessidade (N_r). Os três critérios estabelecem a ordem de prioridade calculando a distância de N_a a N_r . É utilizada a distância relativa, a distância absoluta e uma relação das duas primeiras.

Em cada iteração, é calculada e escolhida a necessidade mais urgente. De seguida, através do melhor valor da função objetivo, é escolhido e alocado à necessidade o melhor recurso. No final da iteração, o critério de urgência volta a ser recalculado e é repetido o processo sucessivamente. Esta fase termina quando é encontrada uma solução viável. Uma solução é considerada viável quando são atingidos os critérios de paragem, tendo-se considerado no problema em questão a alocação do número mínimo de recursos requerido por cada necessidade.

São calculadas três soluções iniciais (cada uma com um dos critérios de urgência implementados) e é utilizada a melhor solução para se iniciar a fase de otimização.

A pesquisa de novas soluções é baseada em estruturas de vizinhanças, ou seja, numa construção iterativa de conjuntos de vizinhos (soluções com pequenas alterações em relação à atual) que são avaliados e aceites (ou não) de acordo com determinados parâmetros. Foram criadas 12 estruturas de vizinhanças (cada uma focada em cada um dos objetivos do problema). A cada iteração, o melhor vizinho encontrado é

aceite se melhorar a solução atual. Os vizinhos são avaliados através da função objetivo, sendo que quanto menor for o valor desta, melhor é a solução. As 12 vizinhanças são executadas em modo sequencial até que a solução comece a estabilizar.

A melhor solução encontrada na etapa de otimização é utilizada como ponto de partida da diversificação. Na etapa de diversificação, por meio da adulteração temporária da função objetivo, é possível alterar ligeiramente a solução, enviando-a para outra zona do espaço de pesquisa. Em seguida, as 12 estruturas de vizinhança são executadas, de um modo sequencial, até que a solução se torne estável novamente. O processo de diversificação repete-se até que o tempo se esgote.

V. RESULTADOS

Foram propostas 28 instâncias por parte da organização do concurso INRCII para os participantes encontrarem a melhor escala horária para cada instância. A solução proposta na secção anterior foi implementada e resolveu com sucesso todas as instâncias propostas.

TABELA I. AMOSTRA DA COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Instância	Resultados		
	Pior equipa	Bullet Solutions	Melhor equipa
Caso 30 colaboradores / 4 semanas	9850	2490	1745
Caso 40 colaboradores / 4 semanas	14680	2750	1725
Caso 50 colaboradores / 4 semanas	17745	2970	1525
Caso 100 colaboradores / 8 semanas	85260	8465	3195
Caso 120 colaboradores / 8 semanas	82145	9120	3435

Os resultados apresentados na Tabela I correspondem ao somatório das penalizações (apresentadas na secção III. C) da melhor solução encontrada para cada um dos casos.

Olhando para o melhor e pior resultado, a equipa Bullet Solutions tende a aproximar-se do vencedor. Nas instâncias com mais semanas a solução da equipa tende a receber maior penalização e ficar mais distante do vencedor.

Os resultados obtidos permitem perceber que a abordagem tem qualidade, apesar de ainda haver espaço para melhorar. Os próximos passos no algoritmo podem incluir uma melhoria no controlo do total de alocações e uma diferente abordagem nos objetivos onde é necessário garantir que determinadas situações ocorram de um modo consecutivo. Estes dois tipos de objetivos são de dificuldade acrescida devido ao problema seguir uma abordagem de múltiplas etapas.

VI. CONCLUSÕES

O presente artigo apresenta uma revisão dos principais conceitos associados ao estudo do problema de *nurse rostering*.

O artigo descreve as condições, os objetivos e as restrições segundo as quais a solução foi desenvolvida. O projeto aqui apresentado teve por base o concurso *Second International Nurse Rostering Competition*. Apesar do problema proposto pelo concurso ter um reduzido número de objetivos e de restrições, foi proposta uma solução que se adaptasse futuramente o melhor possível a problemas do mundo real, ou seja, problemas com muitos objetivos e restrições que tornam a sua resolução muito complexa.

A abordagem proposta neste artigo apresenta uma forma ágil e modular para dar resposta a problemas de escalonamento de pessoal. A proposta foi submetida a concurso e os resultados são aqui apresentados. Os resultados permitiram perceber que a abordagem tem qualidade, apesar de ainda haver espaço para melhorar. Enquanto empresa, a Bullet Solutions, com este projeto, tinha como objetivo criar as bases necessárias para o futuro desenvolvimento de um produto genérico de escalonamento automático e otimizado de pessoal. Esta abordagem foi de encontro aos objetivos da empresa e será utilizada como base nos algoritmos de um novo produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. K. Burke, P. De Causmaecker, G. Vanden Berghe, and H. Van Landeghem, "The State of the Art of Nurse Rostering," *Journal of Scheduling*, vol. 7, no. 6, pp. 441–499, Nov. 2004.
- [2] D. M. Warner, "Scheduling nursing personnel according to nursing preference: a mathematical programming approach," *Operations Research*, vol. 24, no. 5, pp. 842–856, 1976.
- [3] H. E. Miller, W. P. Pierskalla, and G. J. Rath, "Nurse Scheduling Using Mathematical Programming," *Operations Research*, vol. 24, no. 5, pp. 857–870, 1976.
- [4] J. Tien and A. Kamiyama, "On manpower scheduling algorithms," *Society for Industrial and Applied Mathematics*, vol. 24, no. 3, pp. 275–287, 1982.
- [5] F. Bellanti, G. Carello, F. Della Croce, and R. Tadei, "A greedy-based neighborhood search approach to a nurse rostering problem," *European Journal of Operational Research*, vol. 153, no. 1, pp. 28–40, 2004.
- [6] B. Maenhout and M. Vanhoucke, "An electromagnetic meta-heuristic for the nurse scheduling problem," *Journal of Heuristics*, vol. 13, pp. 359–385, 2007.
- [7] R. Bai, E. K. Burke, G. Kendall, and B. McCollum, "An evolutionary approach to the nurse rostering problem," *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 14, no. 4, pp. 580–590, 2010.
- [8] Z. Lü and J.-K. Hao, "Adaptive neighborhood search for nurse rostering," *European Journal of Operational Research*, vol. 218, no. 3, pp. 865–876, 2012.
- [9] "INRC-II," 2014. [Online]. Available: <http://mobiz.vives.be/inrc2/>. [Accessed: 01-08-2015].
- [10] C. Smith, *Programming F# 3.0*, 2nd Edition. California, EUA: O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [11] "F#," 2015. [Online]. Available: <http://fsharp.org>. [Accessed: 01-08-2015].

Voluntary Geographic Information Systems with Document-based NoSQL Databases

Daniel Cosme Mendonça Maia, Breno D. C. Camargos, Maristela Holanda

Department of Computer Science

University of Brasilia (UnB)

Brasilia-DF, Brazil

daniel.maia@ifnmg.edu.br, mholanda@unb.br

Abstract — With the advent of Web 2.0 and mobile technology, including, smartphones equipped with GPS (Global Positioning System) receptors, there has been an increase in the number of individuals who create and share spatial data. Consequently, the ability to store a large quantity of data, in diverse formats is made possible by Geographic Information Systems that use voluntary data. This study presents a Voluntary Information System using a document-based NoSQL database that fulfills the requirements of data scalability and heterogeneity.

Keywords - Voluntary Geographic Information System; NoSQL Database; Document-based NoSQL; Geographical Data.

I. INTRODUCTION

With the rise in the use of web services and mobile technologies, such as, smartphone equipped with GPS (Global Positioning System), there has been an increase in the number of individuals who generate and share spatial data. Creating geographic information, a function traditionally reserved for officials within restricted agencies, is now being carried out by regular citizens who may have little or no formal qualifications in the field of geography, and on a voluntary basis. The Geographic Information Systems (GIS) that make use of data collected by voluntary users are called Voluntary Geographic Information Systems (VGIS).

A VGIS must have a storing system that supports the following characteristics: a large volume of data; many concurrent read and write operations; a large number of users; and heterogeneous data, both structured and unstructured, coming from a variety of sources. Faced with these challenges, it has become necessary to investigate how the data of the application can be stored, managed and shared in an efficient way in a digital environment must be resolved [26][30].

Although the main data storage technologies in GIS use relational databases. However, the NoSQL databases have been increasingly used to handle large volumes of data, and to enable the architecture be sufficiently flexible to prevent a potential increase in the number of application users [7][31].

In this context, this paper presents 'ConsultaOpinião', a Voluntary Information System with a data storage architecture, with geographic data, in voluntary geographic information systems using document-based NoSQL database.

This article is organized as follows. In Section II Voluntary GIS (VGIS) and NoSQL databases are presented. Section III

lists some related works; Section IV presents the data storage architecture in VGIS using NoSQL Data. In Section V, the details of the Case Study, the application used are described, and the data modeling of the project carried out with the NoSQL Database. Section VI presents the performance tests made in the application persistence layer. Finally, Section VII, the conclusions and relates future works.

II. VOLUNTARY GIS AND DOCUMENT-BASED NoSQL DATABASES

A. Voluntary GIS (VGIS)

Changes in technology are altering the traditional way geographic information is produced, which is primarily done by national mapping agencies that use costly means. The Web 2.0, is characterized by its capacity to allow users to create content and interact with content from other users in real time – georeferencing, geotagging, GPS, wide band connection, as well as other technologies, which provoked the rise of voluntary geographic information [13] [22].

The VGIS makes use of tools for creating, gathering and disseminating geographic data derived voluntarily by individuals. All humans are capable of acting as intelligent sensors, using the most diverse equipment to obtain mediations [8][9] [10].

The voluntary user is beginning to relocate and redistribute the activities of production of geographic knowledge by mapping agencies to networks of actors in NGOs. Participants who produce are producers and users, or 'producers' [10] [17].

The motivation to participate in VGIS has always been questioned, and one of the motives is to feel a sense of belonging within a community [20]. Along with this, in discussions about the motivation to use VGIS, the value of knowledge created also arises. Clearly, there are two areas in this line of questioning. On the one hand, there are those who agree with the ability to map at the local level by using people who live in the particular environment studied [12][23]. On the other hand, there are those with a pessimistic perspective about the capacity of individuals to disseminate information without needing to confirm if the information is valid or not, arguing that this will result in a chaotic mix of useless information, and possibly compromising truth [1][20].

A prime example of VGIS is the OpenStreetMap, which is a global mapping project that aims to provide a set of free maps

to use, and edit, and which is licensed under new copyright schemes. A main motivation for the OpenStreetMap project is to provide free access to geographic information [18].

B. Document-based NoSQL Databases

NoSQL (Not Only SQL) database systems emerged in the beginning of the 21st century as an alternative to traditional Relational Database Management Systems (RDBMS). They are distributed databases built to meet the demands of high scalability and fault tolerance in the management and analysis of massive amounts of data – the so called Big Data paradigm.

In general, the NoSQL systems have the following characteristics [24], [25], [27]: they are non-relational; rely on distributed processing; provide high availability and high scalability; they are dynamic schema instead of static schema, which provide the flexibility; and have the ability to handle structured and unstructured data.

There are four main categories of NoSQL databases [24],[25]:

- Key-value stores: data is stored as a key-pair value. These systems are similar to dictionaries where the data are addressed by a single key. Values are isolated and independent from others, where the relationship is handled by the application logic;
- Column family databases: the column family database defines the structure of values as a predefined set of columns. The column family store can be considered as a database schema, where the super columns and column family structures determine the schema of the database;
- Document-Oriented Storage: a document store uses the concept of a key-value store. The documents are collections of attributes and values, where an attribute can be multivalued. The keys inside documents must be unique. Each document contains an ID key, which is unique within a collection and identifies the document. The documents can be nested, i.e., a document can be referenced as value of a key in another document. A documents has free scheme, documents with different structures can be stored in the same collection;
- Graph databases: a graph database uses graphs to represent schema. Graph Database works with node and edges between nodes.

III. RELATED WORKS

The adoption of the NoSQL Database for storing geographic data has been studied in the literature. Some of these related works are presented below.

In [27], the Nativi *et al* consider that the NoSQL Databases are key technological advances to face the challenges of storing large quantities of data originating from systems of land observations. They also highlight heterogeneity as one of the major concerns, which is more relevant in the building of infrastructures of spatial data.

In [31], storing large quantities of spatial data efficiently and quickly has been the thorn in the side of the development of the GIS, limiting it. The study proposes an approach to storing spatial Big Data through the NoSQL, based on a MongoDB document. The Zhang *et al* still highlight that the storage of spatial Big Data is fundamental for data mining, decision analysis, and other high level applications.

In [21], the NoSQL Database, based on the Cassandra column is used to deal with large quantities of data, and take advantage of the high scalability and performance characteristics of the technology. The study uses the information recuperation library, Apache Lucene, with a geospatial extension, Lucene Spatial, to verify the spatial index of Cassandra.

In [6] the processing of a vast quantity of spatial information is one of the main challenges for future wireless applications, and proposes the use of NoSQL Database Hbase and the Hadoop framework for the implementation of spatial structures in Big Data processing.

In [14], the CouchDB, MongoDB, Bigtable and Neo4j Databases are references as examples of NoSQL systems that support geospatial data. In this case, a discussion about desirable resources for the spatial database systems and did a comparison between the NoSQL Databases that deal with geographical data. The desirable resources cited were, among others, the following: support for the different systems of space references (SRID); the possibility of indexing spatial data; types of topological, metric and set data.

IV. DATA STORING ARCHITECTURE

The present study shows an alternative, which is an integrated architecture for data storage, in diverse formats, in VGIS, as shown in Figure 1. An integrated architecture has the function of storing data from an application in a Database Management System (DBMS).

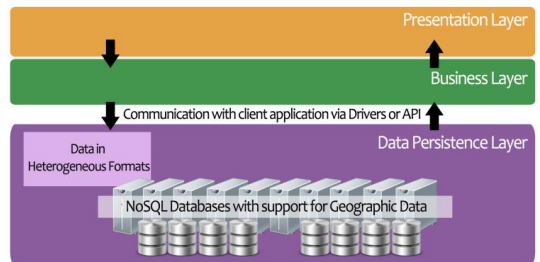


Figure 1. Architecture for storing data in VGIS using a NoSQL Database.

This architecture presents an organization in three layers: Presentation, Business and Data Persistence. The layers of Presentation and Business compose the structure of client application, i.e., the VGIS that will be integrated with the NoSQL Database systems of the present in the Data Persistence layer. The following is a description of the items of the architecture:

- Presentation layer: in this layer the application should make interfaces available that are supported by mobile and desktop devices.
- Business layer: this layer completes functions of processing and communication with the NoSQL Database System. The communication of this layer with the system of NoSQL Database is carried out through the drivers, specific to the programming language used in the implementation of the VGIS.
- Persistence Data layer: this layer is responsible for storing the data and metadata of the application in a DBMS. The proposal of this layer is to make possible the storing of data alpha numbers (conventional), geographic, and files in the format of images, audio and video. To support the characteristics of the VGIS, this architecture proposes the use of NoSQL Database giving emphasis to the scalability and heterogeneity requirements. The requirements of scalability aim to confront challenges, such as, frequent concurrent read and write operation in the database, and access to a great quantity of data; since the requirement for heterogeneity looks for the application to have support for storing in diverse data formats.

V. APPLICATION AND DATA MODELING

The 'ConsultaOpinião' project [4] is a Voluntary Geographic Information System (VGIS) that was used to validate the storage architecture presented. This project aims at obtaining data about the opinion of the users, public servants and presents it to the managers of these services. For this, the application has a mobile interface (an Android application for smartphones) geared toward the use of users public services, who completed the evaluation of the establishments registered in the system; and a web interface (developed in PHP), aimed at managing public services, which is expressed in a visual and dynamic way, through the map, of the evaluations completed by voluntary users.

Systematically, the application works as follows:

- Public service users should be geographically close to the establishment that is being evaluated. In this case, the evaluator's smartphone GPS coordinates will be compared to the geographic coordinates of the public institution to be evaluated, which is stored in the database (Figure 2).
- The evaluating user, through your smartphone, fills in the survey evaluation of the public establishment, and then sends this data to a central database. In this particular case it is possible to fill out up to 5 questions for each public institution. The questions can vary in content depending on the type of property to be evaluated (school or hospital). Thus, many aspects can be evaluated.
- Through a web interface, the public manager can then communicate with the central database and use the data from evaluations of voluntary users to direct management decisions (Figure 3). The average score for each establishment may vary from 0 to 5 points.

Originally the 'ConsultaOpinião' project used the relational DBMS PostgreSQL in the central database, but was adapted for communication with the NoSQL Database MongoDB. The MongoDB was used in this application because it provides some characteristics considered essential for the VGIS; it has native support for the storing of geographic data; it carries out consulting functions and spatial analysis; is very consistent; and has simple data replication architecture, allowing the system to adapt to working with many users and a large quantity of data. Another positive point for adopting the MongoDB technology is its GridFS specification, which stores files in small pieces that afterward can be carried according to necessity, which avoids having to carry all of the file memory. The GridFS specification also is useful for storing files that exceed 16 megabytes of data [14][19].

'ConsultaOpinião' was developed in a modular form, basically, was necessary to modify just a layer of the application's persistence data for the MongoDB database.



Figure 2. Mobile interface of the application 'ConsultaOpinião'.

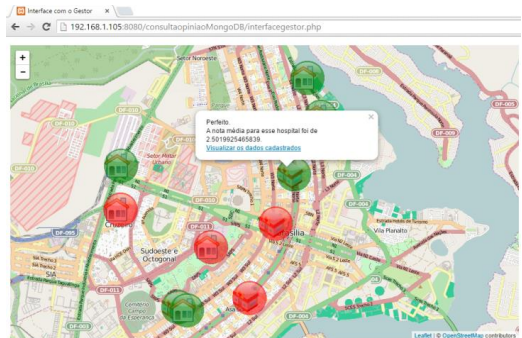


Figure 3. Web interface of the application 'ConsultaOpinião'.

Figure 2 and 3 shows, respectively, the mobile interface used to select the public establishment will be evaluated by the application user; and the web interface used by the public

administrator to view the information posted on the application by the volunteers.

Due to the change of the relational database to a non-relational database, there was, consequently, the need to redo the modeling of data aimed at providing the efficient storage of the information in the system in a NoSQL Database. The model of data in non-relational projects can use the denormalization strategy, which incorporates data from tables of relational models in one sole document and generates a data redundancy controlled.

The Figure 4 and 5 shows, respectively, the simplified relational model of the original structure, and the diagram of the non-relational model of the database, according to the notation presented in [29].

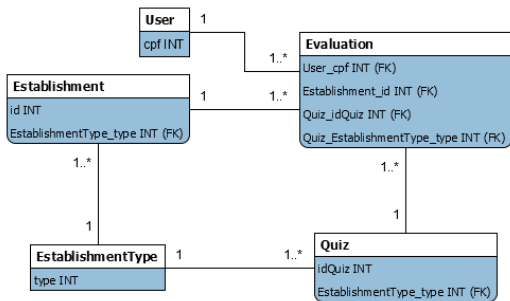


Figure 4. Simplified relational model of the 'ConsultaOpinião' project, according to the original persistence data layer.

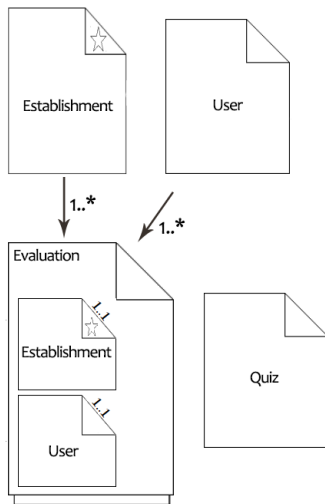


Figure 5. Current diagram of the non-relational model of the database.

The application 'ConsultaOpinião' has four collections (compare the tables in the relational model) calls 'user', 'establishment', 'quiz' and 'evaluation'. According to the diagram of the non-relational model, shown in Figure 5, the document 'evaluation' incorporates the documents 'establishment' and 'user'. This storage strategy, called the aggregate orientation, is used to facilitate the execution of the data persistence layer in a cluster. If the application database is running on a cluster it is necessary to reduce the number of nodes that will be consulted to collect data more efficiently. So it is interesting to keep the data used most often in the same node [25].

The notation presented in [29], shows the documents that manipulate geographic data using a star on their behalf. In this case, as can be seen in Figure 5, the 'establishment' document contains this statement to represent that it stores the geographical location (point) of the registered public institutions in the application database.

For storing geographical data in a document-based NoSQL MongoDB database used a GeoJSON notation. This notation is an open format for exchanging geospatial data, based on JSON (JavaScript Object Notation), which may represent several geometries, such as point, line and polygon.

VI. APPLICATION TESTS

The application tests, together with a data storage architecture, were performed in a simulated environment. In this case, some users and establishments (schools and hospitals) were registered. Afterwards, to carry out the evaluations of the establishments registered, an evaluation simulator was developed, which generates a random grade for each measured requirement of the establishment and includes the data in the central DBMS.

The test scripts were developed in PHP language, having a runtime registration mechanism (in seconds) to evaluate the performance of databases PostgreSQL 9.3 and MongoDB 3.0.3 as the persistence layer databases. All tests were run on the local processing environment through the use of a notebook with the following specifications: Intel Core i5 2.5GHz processor, 6GB of RAM, SATA 1TB of storage, running Windows 8 64-bit Operating System.

Two types of tests, insertion and reading were performed. The insertion test is to simulate the insertion of a large number of public establishment assessments through the random data generated by the computer. The read test is to list the registered public establishments in the database, and generate an average score for each property using an aggregate query data assessment, which can be considered complex.

Both tests using the computing environment mentioned above. Each test has its peculiarities; For example, the insertion test generates random data, both in MongoDB database and PostgreSQL for performance comparison of the two technologies. Figure 6 shows that the MongoDB was much higher than the PostgreSQL data insertion. On the other hand, Figure 7 shows a better performance in PostgreSQL in the read operations until the number of stores exceeds 500.000 evaluations.

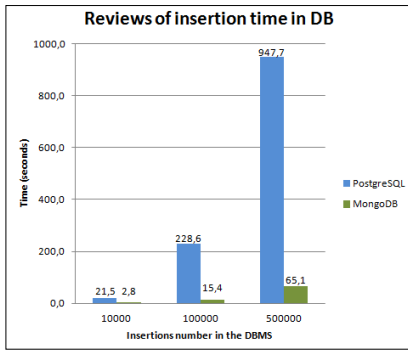


Figure 6. Comparison of the times of the insertion of the evaluation data in the Database PostgreSQL and MongoDB.

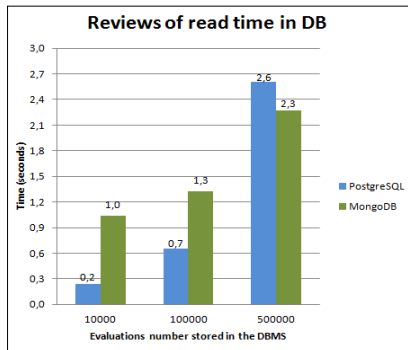


Figure 7. Comparison of the times of the read of the evaluation data in the Database PostgreSQL and MongoDB.

VII. CONCLUSIONS

The specification of architecture for VGIS presents diverse challenges, such as storing and manipulating large quantities of data, which, are generally structured in various formats. NoSQL Databases are shown as a viable alternative to support voluntary systems as they have characteristics considered essential in building such systems. Performance tests conducted in this study, although preliminary, favored the use of NoSQL in the persistence layer of a VGIS, especially when dealing with large amounts of data.

As a work in progress, we hope to validate the architecture with applications that need to store files in image, audio, and video format; as well as, using other NoSQL, such as, Cassandra and Neo4j. In addition, we intend to evaluate the performance of the architecture in a cluster with different machines, creating a distributed data storage system.

ACKNOWLEDGMENT

The authors wish to thank the University of Brasilia (UnB) and Fundação de Apoio a Pesquisa (FAP-DF), for their support to this work.

REFERENCES

- [1] A. Keen, "The Cult of the Amateur: How today's Internet is killing our culture", 2007.
- [2] A. Moniruzzaman and S. A. Hossain, "Nosql database: New era of databases for big data analytics - classification, characteristics and comparison," *International Journal of Database Theory and Application* Vol. 6, No. 4, vol. 6, no. 4, pp. 1–14, 2013.
- [3] A. Silberstein, C. Jianjun, D. Lomax, and B. M. et al., "Pnuts in flight: Web-scale data serving at yahoo," *Internet Computing, IEEE*, Editora IEEE, vol. 16, no. 1, pp. 13–23, 2012.
- [4] B. Camargos, M. Holanda, and A. Araújo, "A mobile public participation geographic information system architecture for collecting opinions about public services", *10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, pp. 1-6, 2015.
- [5] B. Tudorica and C. Bucur, "A comparison between several nosql databases with comments and notes," *10th Roedunet International Conference (RoEduNet)*, Editora IEEE, pp. 1–5, 2011.
- [6] C. Jardak, P. Mahonen, and J. Riihijarvi, "Spatial big data and wireless networks: experiences, applications, and research challenges," *IEEE Network*, Editora IEEE, vol. 28, no. 4, pp. 26–31, 2014.
- [7] C. Vitolo, Y. Elkhatib, D. Reusser, C. J. Macleod, and W. Buytaert, "Web technologies for environmental big data," *Environmental Modelling & Software*, Editora Elsevier, vol. 63, pp. 185–198, 2015.
- [8] Cãmara et al., "A comparative analysis of development environments for voluntary geographical information web systems.", *XV Brazilian Symposium on GeoInformatics (GeoInfo)*, pages 130–141, 2014.
- [9] Coleman, D. J., "Volunteered geographic information in spatial data infrastructure: an early look at opportunities and constraints," *12th Global Spatial Data Infrastructure Association Conferences*, Singapore, pp. 1-18, 2010.
- [10] Coleman, D. J., Georgiadou, Y. & Labonte, J. "Volunteered geographic information: the nature and motivation of producers.," *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, Vol. 4, pp. 332-358, 2009.
- [11] D. McCreary and A. Kelly, *Making Sense of NoSQL: A guide for managers and the rest of us*. Shelter Island, NY: Editora Manning Publications Co., 2014.
- [12] D. Sui, "THE 'G' IN GIS-Is Neogeography Hype or Hope?", *GeoWorld*, vol. 21, n. 3, p. 16, 2008.
- [13] E. Constantinides and S. J. Fountain, "Web 2.0: Conceptual foundations and marketing issues", *Journal of Direct, Data and Digital Marketing Practice*, vol. 9, n. 3, pp. 231-244, 2008.
- [14] E. Pourabbas, *Geographical Information Systems: Trends and Technologies*. Boca Raton, FL, USA: Editora Taylor and Francis Group, 2014.
- [15] G. D. C. et al., "Dynamo: Amazons highly available key-value store," *SOSP 07 Proceedings of twenty-first ACM SIGOPS symposium on Operating systems principles*, pp. 205–220, 2007.
- [16] G. Vaish, "Getting Started with NoSQL: Your guide to the world and technology of NoSQL". Birmingham: Editora Packt Publishing, 2013.
- [17] Greg Brown, Pat Reed, "Public participation IS (PPGIS) for environmental management: reflections on a decade of empirical research," *URISA Journal*. vol. 25 issue 2, pp. 5-16.
- [18] Haklay, M, Weber, P. "OpenStreetMap: user-generated street maps," *IEEE Pervasive Computing*, October 2008, vol. 7 Issue. 4 pp. 12–18.
- [19] K. Chodorow, "MongoDB: The Definitive Guide", Editora O'Reilly Media, Inc, 2013.
- [20] Kessler, Fritz. "Volunteered geographic information: a bicycling enthusiast perspective," *2001 Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 38, Issue 3, pp 258-268.
- [21] L. E. O. Lizardo, M. M. Moro, and C. A. D. Júnior, "Geonosql: Banco de dados geoespacial em nosql," *Computer on the Beach*, pp. 303–309, 2014.
- [22] M. F. Goodchild, "Citizens as sensors: the world of volunteered geography," *Geo-Journal*, Editora Springer Netherlands, vol. 69, no. 4, pp. 211–221, 2007.

- [23] M. Goodchild, "Commentary: Whither VGI?", *GeoJournal*, vol. 72 n. 3-4, pp. 239-244, 2008.
- [24] M. Indrawan-Santiago, "Database research: Are we at a crossroad? : Reflection on nosql," 15th Network-Based Information Systems (NBIS), Editora IEEE, pp. 45-51, 2012.
- [25] P. J. Sadalage and M. Fowler, *NoSQL Essencial: Um guia conciso para o Mundo emergente da persistência poliglota*. São Paulo: Editora Novatec, 2013.
- [26] S. Elwood, "Volunteered geographic information: future research directions motivated by critical, participatory, and feminist gis," *GeoJournal*, Editora Springer Netherlands, vol. 72, 173-183, 2008.
- [27] S. Nativi, P. Mazzetti, M. Santoro, F. Papeschi, M. Craglia, and O. Ochiai, "Big data challenges in building the global earth observation system of systems," *Environmental Modelling and Software*, Editora Elsevier, vol. 68, pp. 1-26, 2015.
- [28] V. Abramova and J. Bernardino, "Nosql databases: MongoDB vs cassandra," 13th Proceedings of the International C* Conference on Computer Science and Software Engineering (C3S2E), pp. 14-22, 2013.
- [29] W. Boaventura Filho, H. V. Oliveira, M. Holanda, and A. Araújo, "Geographic data modeling for nosql document-oriented databases", *GEOProcessing*, pp. 63-68, 2015. ISBN: 978-1-61208-383-4.
- [30] W. Castelein, L. Grus, J. Compvorts, and A. Bregt, "A characterization of volunteered geographic information," 13th AGILE, 2010.
- [31] X. Zhang, W. Song, and L. Liu, "An implementation approach to store gis spatial data on nosql database," *Geoinformatics*, Editora IEEE, pp. 1-5, 2014.

Resultados cuantitativos del estudio de los trayectos de aprendizaje universitarios en la plataforma EPIC de la Red Ilumno

Una investigación mixta de performance de aprendizaje

Quantitative outcomes from the study about paths in university learning at EPIC, the learning management platform of Red Ilumno

An mixed research about learning performance

Sandra Gómez, Calixto Maldonado

Universidad Empresarial Siglo 21

Córdoba, Argentina

Sandramaria.gomez@ues21.edu.ar cmaldonado@uesiglo21.edu.ar

Resumen — En este trabajo se presentan los resultados cuantitativos de un estudio de tipo mixto que analiza la relación entre las actividades didácticas realizadas en una plataforma de educación e-learning denominada EPIC y los resultados obtenidos en las evaluaciones por parte de estudiantes universitarios. La población participante estuvo constituida por 2080 alumnos de la Universidad Siglo 21 -Argentina-, miembro integrante de la Red Ilumno. Se trabajó con la información suministrada por los *gradebooks* de tres materias dictadas en la carrera de Administración. Las conclusiones sobre los datos cuantitativos analizados muestran que hay una relación directa entre la cantidad de accesos a las instancias de foros y las calificaciones obtenidas en evaluaciones parciales. Por otra parte, las autoevaluaciones de lecturas y videos repercuten favorablemente en los resultados académicos alcanzados en las distintas instancias evaluables, favoreciendo además el registro, por parte del alumno, de su proceso en términos de lo aprendido.

Palabras Clave – *e-learning; recorrido didáctico; rendimiento académico, Plataforma EPIC; Red Ilumno.*

Abstract - *In this paper the quantitative outcomes of a mixed type study that analyzes relationships between the educational activities in education e-learning platform called EPIC and the assessments results by university students are presented. The participant population consisted of 2080 persons of the Universidad Empresarial Siglo 21 (UES21) from Argentine, member of the Red Ilumno. It has been worked with the gradebook's information from three subjects of the Administration career. The conclusions on quantitative data analyzed show that there is a direct relationship between the number of accesses to forums scores on partial assessments. Moreover, reading's and video self-assessments have favorable impact on the academic results achieved in the different evaluable instances, also favoring the registration, by the student, of their process in terms of learning.*

Keywords: *e-learning, learning path, academic performance, Epic platform, Red Ilumno.*

I. INTRODUCCIÓN

Entre los años 2014 y 2015 se llevó adelante un proyecto de investigación denominado “usos y experiencias de los estudiantes con las plataformas tecnológicas y su relación con el rendimiento académico en el primer año de estudio en sistemas e-learning”, desarrollado en el marco de una convocatoria de la Red Ilumno, red que congrega Universidades Latinoamericanas. Dicho proyecto tomó como problema de investigación los recorridos que hacen los alumnos por la plataforma tecnológica EPIC cuando hacen sus estudios superiores, identificando los usos de los recursos allí dispuestos, con el objetivo de reconocer distintas trayectorias formativas en los recorridos de aprendizaje y analizar la relación entre los distintos recorridos y el rendimiento académico.

Esta investigación tuvo varias etapas. En un primer momento se llevaron a cabo encuestas con el objetivo de conocer las opiniones de la población estudiantil respecto de una inquietud central: *¿Qué valor le otorgan los estudiantes a los distintos recursos de la Plataforma en relación a los procesos de aprendizaje?* Esta pregunta amplia fue abordada desde múltiples afirmaciones, con escala Likert. Se observó una opinión positiva en relación a las instancias de evaluación que son acreditables. [1] [2]

El seguimiento posterior que se hizo en los *gradebooks* permitió objetivar los accesos efectivos que hicieron los alumnos a la diversidad de recursos allí dispuestos, como son las lecturas dispuestas en cuatro módulos, las

autoevaluaciones de lecturas, los videos y las autoevaluaciones de los mismos, las tele clases, los trabajos prácticos, los foros y la correspondencia más o menos significativa con calificaciones obtenidas en las instancias evaluables.

En el año 2014, Gómez, Carranza y Mazzieri [3], habían establecido relaciones entre usos de recursos y rendimiento académico sobre 4.292 casos. El objetivo central fue ponderar el peso relativo de cada recurso y su posible correlación con las calificaciones obtenidas en las instancias evaluativas. En esa oportunidad se pudo concluir que *“son recursos más significativos en función de las evaluaciones, las lecturas y las autoevaluaciones de lecturas tanto para la realización de los trabajos prácticos como las evaluaciones parciales. Tienen menores impactos los foros, videos y autoevaluaciones de videos. Los trabajos prácticos impactan en el nivel de rendimiento de las evaluaciones parciales”*.

De un modo semejante otra investigación, de origen uruguayo, abordó el uso de entornos virtuales de aprendizaje en educación superior y el impacto en el rendimiento académico exitoso [4]. El objetivo central era conocer el grado de participación de los estudiantes en estos entornos virtuales e identificar una posible relación entre niveles de aprobación y participación en los mismos. Trabajaron con un curso de la carrera de Odontología. Encontraron que en el conjunto de los estudiantes existe una gran heterogeneidad en el nivel de las intervenciones en la plataforma virtual de aprendizaje teniendo incidencia directa en la aprobación, y que este nivel de actividad varía positivamente en la medida en que el docente motiva y comunica las bondades de la misma.

II. METODOLOGÍA

A. Investigación cuantitativa, origen de los datos

La Universidad Empresarial Siglo 21 tuvo a cargo la dirección del proyecto y contó con aportes de otras tres entidades de la Red Ilumino, la Universidad del Istmo (UDI) de Panamá, la Fundación Universitaria del Área Andina (FUAA) de Colombia, la UniJorge de Brasil.

Fue una investigación de tipo mixto y de ejecución secuencial en la que se administraron encuestas, se hicieron entrevistas y se hizo seguimiento de los resultados de evaluaciones, en las poblaciones de estudiantes de carreras vinculadas a la Administración y la Educación.

Atento a que los estudiantes de Educación presentaba valores muy diferentes a los de Administración, se consideró solamente los datos de los *gradebooks* de las materias sobre la población de 2080 estudiantes de la carrera de Administración de la Universidad Empresarial Siglo 21.

EPIC es una plataforma desarrollo propio de la Universidad Whitney adoptada por las otras universidades integrantes de la Red Ilumino. En su diseño contiene diversidad de recursos, entre los cuales se cuenta con los *gradebooks*, que son un registro de las actividades y evaluaciones que el estudiante desarrolla. La misma permite la exportación de la información para ser procesada en

planillas de cálculo o cargadas en tablas de una base de datos relacional.

En este caso se exportaron archivos en formato CSV y se importaron a Excel para poder agrupar las filas, hacer filas resúmenes, para luego consolidar los totales y confeccionar los gráficos de las figuras presentes.

Se trabajó con los *gradebooks* de las materias: Administración, Estudio de Mercado e Introducción al Comercio Exterior. Se contabilizaron los accesos del estudiante a los materiales a los fines de establecer relaciones con los resultados obtenidos en las instancias evaluativas.

Para hacer un análisis correlación de a dos variables se calcularon los índices de dispersión de Pearson [5] tomando las calificaciones obtenidas en los exámenes parciales 1 y 2 con las diferentes mediciones de resultados de autoevaluaciones y de asistencia a actividades.

El coeficiente de dispersión de Pearson es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón. La prueba en si no considera a una como independiente y la otra como dependiente, porque no evalúa la causalidad, solo la relación mutua (correlación). Se calcula con las puntuaciones obtenidas de dos variables. Se relacionan las puntuaciones de una variable con las puntuaciones de otra variable, en los mismos sujetos. [6] y [7]

III. DESARROLLO

A. Accesos a los materiales de inicio de las asignaturas

Los materiales únicos en cada materia se han definido en el diseño de todas las materias, es decir que todas las asignaturas deben tener un texto con los Objetivos Generales, el Programa, los Criterios de Participación y aprobación y el Esquema Conceptual de la asignatura. El acceso a estos materiales en las tres materias, junto con un promedio, se presenta en la Fig. 1. El material al que más accedieron, en promedio, es el Programa (21%), seguido por el Esquema Conceptual (17%), luego con el mismo porcentaje (15%) los Objetivos Generales y Criterios de Participación y aprobación. Son instancias no evaluables.

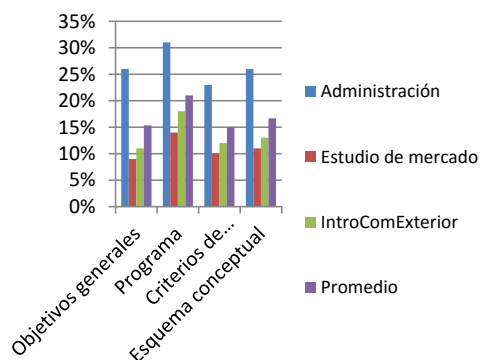


Figura 1. Porcentaje de estudiantes que accedieron a las actividades únicas de cada materia (Fuente Propia)

Estas actividades se presentan como organizadores de los contenidos y tienen la finalidad de orientar y anticipar a los alumnos la estructura lógica de las asignaturas. El nivel de acceso no es muy elevado y, en general, los estudiantes no apelan a este recurso en función de los proceso de aprendizaje y de las evaluaciones.

Los mayores porcentajes de actividad se registraron en la asignatura Administración. La diferencia podría radicar en que es una materia de primer año, en cambio las otras dos pueden tener una población de alumnos más avanzados. Otras investigaciones han demostrado que la actividad descendiende a medida que avanzan en el cursado de la misma materia como en el cursado de la carrera [8] y [9]

Dicho acceso decreciente se evidencia en la Fig. 2 sobre la visualización de las tele clases teóricas dispuestas en la Plataforma, como en las autoevaluaciones de Lecturas y videos, todas actividades que no inciden en la acreditación de la materia.

En este punto los índices de Pearson muestran que entre los dos exámenes parciales y los materiales de inicio la mejor correlación fue con el Programa de la materia por sobre los Objetivos Generales, los Criterios de Participación y Aprobación y el Esquema Conceptual de la asignatura. En las Tablas 1 y 2 los datos del análisis de correlación correspondiente.

TABLA 1. ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DE PEARSON ENTRE EL USO DE MATERIALES DE INICIO Y EL PUNTAJE OBTENIDO EN EL PARCIAL 1. (FUENTE PROPIA)

Pc1	Objs	Prog	Criterios	EsqConcept
56.82	26	31	23	26
51.03	9	14	10	11
72.94	11	18	12	13
P1/Obj	-0,1573	-0,15727758		
P1/Prog		-0,0388		
P1/Crit			-0,1221	
P1/Esq				-0,1422

TABLA 2. ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DE PEARSON ENTRE EL USO DE MATERIALES DE INICIO Y EL PUNTAJE OBTENIDO EN EL PARCIAL 2 (FUENTE PROPIA)

Pc2	Objs	Prog	Criterios	EsqConcept
59.65	26	31	23	26
54.22	9	14	10	11
61.34	11	18	12	13
P2/Obj	0,3915	-0,15727758		
P2/Prog		0,4981		
P2/Crit			0,4239	
P2/Esq				0,4055

B. Accesos a actividades en cada una de las materias abordadas

Además de tener un segmento en la Plataforma que ofrece las instancias organizadoras mencionadas en el apartado anterior, cada asignatura cuenta con cuatro módulos en los cuales se disponen las lecturas, videos, autoevaluaciones de los mismos, tele clases explicativas, foros y trabajos prácticos.

Las actividades propias que se realizan en cada Módulo son:

- Tele clases teóricas
- Foros
- Evaluaciones: autoevaluaciones, trabajos prácticos (TP) y registro de las calificaciones obtenidas en los dos exámenes parciales.

Se tomó, de las materias que contaban con esa información como Administración y Estudio de Mercado, la asistencia de los estudiantes a las tele clases teóricas (TC) como actividad repetitiva de los cuatro módulos. Los estudiantes de Administración accedieron en un 39% a la TC1, un 28% a la TC2, el 28% lo hizo respecto de la TC3 y el 21% vio la TC4. En la materia Estudio de Mercado los alumnos asistieron en un 30% a la TC1, un 18% a la TC2, un 19% a la TC3 y un 15% a la TC4. El promedio fue 34% a la TC1, 23% a la TC2, 23% a la TC3 y 18% a la TC2. A medida que avanzan en el cursado se observa un descenso en el acceso a las tele clases.

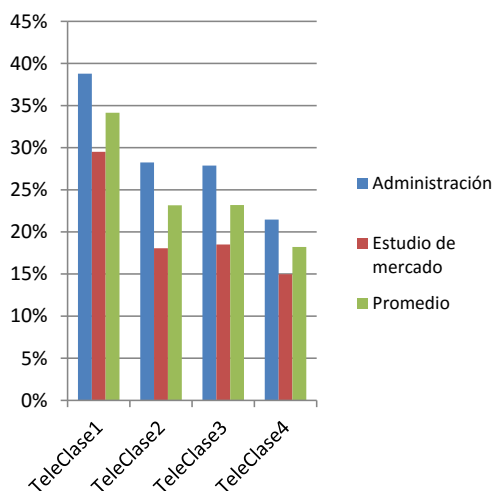


Figura 2. Porcentaje de estudiantes que asistieron a las Tele Clases teóricas de los cuatro módulos de cada materia (Fuente Propia)

Los foros son instancias evaluadas que inciden en la obtención de la condición de regularidad. Por ello los alumnos deben participar y aprobar al menos tres de los cuatro foros dispuestos Así se observó que el nivel de acceso a esta instancia es muy superior respecto de las que no que no repercuten en la condición de regularidad. El porcentaje de asistencia para Administración fue 87% al Foro 1, 86% al Foro 2, 84% al Foro 3 y 83% al Foro 4. Para Estudio de Mercado el porcentaje de asistencia fue 66% al Foro 1, 73% al Foro 2, 60% al Foro 3 y 67% al Foro 4. Ello evidencia que los alumnos se muestran más activos por la exigencia

académica de participación para alcanzar la acreditación. Cabe preguntarse por los motivos que hacen que los estudiantes no den relevancia a otros recursos valiosos, desde el punto de vista del aprendizaje lo serían, dado que se utilizan poco o se descartan por la ausencia de obligatoriedad.

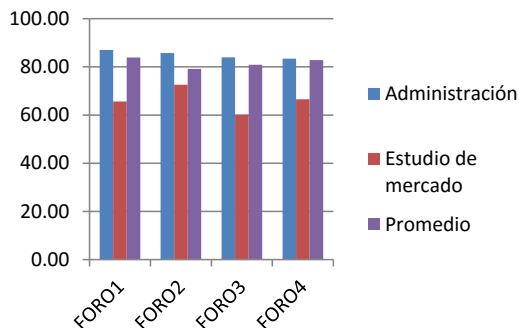


Figura 3. Porcentaje de estudiantes que asistieron a los Foros de los cuatro módulos de cada materia (Fuente Propia)

En relación a las actividades evaluativas de los dos primeros módulos (Fig. 4), se presentan los promedios. En detalle se obtuvo que:

- En Introducción al Comercio Exterior, el 67% en la autoevaluación de la Lectura1, 91% en la autoevaluación de Video 1, 77% en el TP1, 73% en la autoevaluación de Lectura 2, 85% en la auto evaluación del Video 2, 73% en el TP2, 73% en el examen parcial 1.
- En detalle, Administración obtiene 61% en la auto evaluación de la Lectura1, 55% en la auto evaluación de Video 1, 60% en el TP1, 68% en la Autoevaluación de Lectura 2, 69% en la Auto evaluación del Video 2, 70% en el TP2, 57% en el examen parcial 1.
- Estudio de Mercado obtiene 67% en la auto evaluación de la lectural1, 75% en la auto evaluación de Video 1, 59% en el TP1, 74% en la autoevaluación de Lectura 2, 73% en la autoevaluación del Video 2, 56% en el TP2, 51% en el examen parcial 1.

El porcentaje de acceso -promedio de la totalidad de los accesos- a las autoevaluaciones es de 79 % en Introducción al Comercio Exterior es más elevado que en Administración y que en Estudio de Mercado, ya que alcanzan el 63% y el 72%, respectivamente. Lo anterior permite inferir que hay una correlación entre participación y medición arrojada en estas instancias de autoevaluación y la obtención de calificaciones superiores en el primer examen parcial, donde Introducción al comercio exterior llega al 73%, Administración al 57% y Estudio de Mercado alcanza el promedio más bajo con 51%.

La misma correlación se observa para las calificaciones obtenidas en los trabajos prácticos 1 y 2, en donde el rendimiento es superior en Introducción al Comercio Exterior.

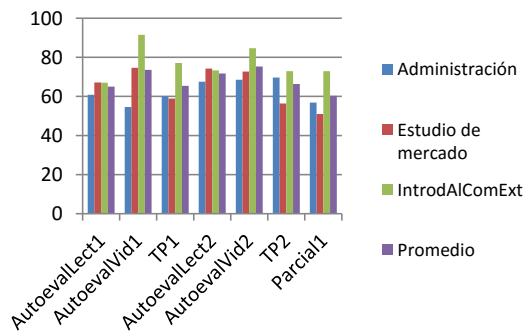


Figura 4. Porcentaje de notas en las actividades evaluativas de la primera mitad de la materia (Fuente Propia)

Para el segundo parcial tenemos nuevamente a los estudiantes de Introducción al Comercio Exterior ocupando el primer lugar en lo que refiere a los resultados en el segundo examen parcial y en todas las demás evaluaciones.

Nuevamente el segundo lugar es para el grupo de Administración (Fig. 5). En detalle se midió:

- Introducción al Comercio Exterior obtuvo el 70% en la autoevaluación de la Lectura, 88% en la autoevaluación de Video, 62% en el TP3, 65% en la autoevaluación de Lectura, 73% en la auto evaluación del Video 2, 75% en el TP4, 61% en el examen parcial 2.
- Administración obtuvo el 66% en la autoevaluación de la Lectura, 66% en la autoevaluación de Video, 56% en el TP3, 65% en la autoevaluación de Lectura, 69% en la autoevaluación del Video 2, 59% en el TP4, 60% en el examen parcial 2.
- Estudio de Mercado obtiene 65% en la autoevaluación de la Lectura3, 82% en la autoevaluación de Video 3, 57% en el TP3, 71% en la autoevaluación de Lectura 4, 77% en la autoevaluación del Video 4, 61% en el TP4, 60% en el examen parcial 2.

Los promedios de todas las autoevaluaciones nos indican que en la primera asignatura los estudiantes realizaron todas las autoevaluaciones en un 74%, repercutiendo positivamente tanto en los trabajos prácticos 3 y 4 como el segundo examen parcial. En Administración la cifra también casi alcanza el 74% no incidiendo de la misma forma en los resultados obtenidos en los trabajos prácticos, que son menores que en Introducción al Comercio Exterior. La cifra promedio de autoevaluaciones desciende a 66,5% en Estudio de Mercado

repercutiendo también en los trabajos prácticos pero no en segundo examen parcial.

El uso de los índices de Pearson entre las dos evaluaciones parciales y las tele clases, los foros y las autoevaluaciones permitió observar que la mayor correlación fue con las tele clases (solo en dos materias) y, en segundo lugar, con los foros. Los datos de los índices de Pearson en la Tabla 3.

TABLA 3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN ENTRE PARCIALES Y TELE CLASES (FUENTE PROPIA)

Índices de Pearson entre Parciales y Actividades	
P1 y Tele clase 1	1
P1 y Tele clase 2	1
P2 y Tele clase 3	1
P2 y Tele clase 4	1
P1 y Foro 1	0,9070
P1 y Foro 2	1
P2 y Foro 3	0,9874
P2 y Foro 4	0,9652

Cabe indagar sobre otros factores que pueden estar afectando las posibilidades de apropiación de los contenidos por parte de los alumnos, que se abordan en la parte cualitativa del estudio, que no se comparten en esta oportunidad.

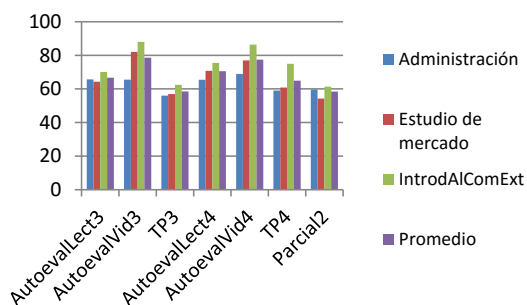


Figura 5. Porcentaje de notas en las actividades evaluativas de la segunda mitad de la materia (Fuente Propia)

Si volvemos a los datos sobre las dos materias de los foros (Fig. 3) podemos también pensar que hay una relación entre participación y resultados en los trabajos prácticos y exámenes parciales, ya que los alumnos que cursaban Estudio de Mercado tuvieron calificaciones menores que los de Administración, ya que este último grupo superó en casi un 20 % el nivel de participación al primer grupo.

IV. CONCLUSIONES

Se analizó la relación entre los resultados en los parciales y la asistencia en las actividades didácticas introductorias como lectura de objetivos generales, programa, criterios de participación y aprobación y esquema conceptual. Se observa que el grupo que mayor acceso tuvo a estas actividades, los estudiantes de la materia Administración, no logró mejores resultados en los parciales. El mejor desempeño en los parciales lo tuvo el grupo de estudiantes de Introducción al

Comercio Exterior aun cuando en estas actividades este grupo ocupó el segundo lugar. Por tanto, estos organizadores son relevantes pero no necesariamente determinantes en el rendimiento académico.

Se encontró que las autoevaluaciones favorecen al alumno en el registro de su proceso en términos de lo aprendido. El grupo que hizo mayor cantidad de autoevaluaciones de lecturas y de videos (lo que les permitiría cotejar de alguna manera su estado antes de llegar a los exámenes parciales), obtuvo calificaciones mayores en el primer parcial. Se observó, siempre que comparamos los *gradebooks* de las tres asignaturas, la misma correlación respecto de todos los trabajos prácticos, no habiendo tanta incidencia en los segundos exámenes parciales.

En etapas previas de esta misma investigación se habían analizado las valoraciones que hacen los estudiantes sobre los recursos que tienen disponibles en la plataforma EPIC. Las mediciones que arrojaron los *gradebooks* y los análisis de los mismos permitieron cruzar lo que los alumnos opinaban en términos generales sobre alguno de los recursos y el efectivo uso que hacían de los mismos para el aprendizaje. Por otra parte permitió ver las calificaciones obtenidas y la correlación posible entre la utilización de los recursos y el proceso de apropiación en relación a los resultados medidos en las calificaciones. Como se anticipara con antelación en este escrito, se administró una encuesta a una muestra de la población que representaba alrededor del 15 % de los 2080 casos seguidos en los *gradebooks*. Dichos estudiantes respondieron calificando afirmaciones con escala Likert. En aquella oportunidad, ante una de las afirmaciones como “*las autoevaluaciones de las lecturas son altamente necesarias para saber si he aprendido*”, el 93% respondió estar totalmente de acuerdo y de acuerdo con el enunciado. Por lo que se deduce que este recurso sería altamente utilizado como parámetro para valorar la comprensión de los contenidos. Lo que se evidencia es que el recurso es reconocido como altamente positivo en sus procesos de aprendizaje, pero dicha opinión no se corresponde totalmente con las acciones efectivamente registradas en los *gradebooks*.

Por otro lado, y en un mismo sentido, los estudiantes de la muestra expresaron, en un 85 %, que las tele clases les permitían la comprensión de los temas. No es la misma cifra la que se registró en los *gradebooks*. Ello significa que en términos teóricos los alumnos identifican como valioso el disponer de dichas instancias pero en la práctica real la utilización de las mismas no se hace efectiva. Es preciso seguir indagando sobre otros factores que podrían estar jugando en la baja utilización de determinados recursos no obligatorios y la incidencia real en los procesos de construcción de aprendizaje.

Por el momento podemos confirmar que a mayor acceso en los distintos objetos dispuestos en la plataforma, se obtienen un mejor rendimiento en las calificaciones. Es de esperar, en una lectura de corte interpretativa, que un estudiante que recorre toda la plataforma es un sujeto que tiene un mayor involucramiento en su proceso constructivo. Quiere decir que no solo cuenta la medición en porcentajes sino también es importante reconocer que hay otras variables

en juego como son el deseo de aprender, el grado de dificultad de las distintas asignaturas y las variadas estrategias didácticas propuestas puesta en relación con la singularidad en apropiación de cada estudiante, los condicionamientos objetivos como disponibilidad de tiempo y carga laboral, entre muchos otros.

De este modo, y tal como se pensara a los inicios del proyecto de investigación, fue un norte el *"Indagar sobre la relación existente entre los nuevos formatos de enseñanza, las posibilidades constructivas de los alumnos y el rendimiento académico, con un especial interés por conocer el impacto que las nuevas tecnologías de la información y comunicación están teniendo en los ámbitos educativos. Conocer estos aspectos podría redundar positivamente en el mejoramiento de las prácticas de la enseñanza; en las universidades miembros de la Red Ilumno, que se han ido configurando desde la presencia de estos nuevos formatos: educación a distancia (e-learning) o modalidades combinadas (b-learning). Es relevante indagar la manera en que se potencian estas modalidades para pensar propuestas en otras situaciones semejantes"* [10]

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a la Red Ilumno, a la Universidad Empresarial Siglo21, a las Universidades participantes en el trabajo, Fundación Universitaria del Área Andina, Universidad del Itmo y UniJorge.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gómez, Sandra; Maldonado, Calixto "Trayectos de los estudiantes universitarios en las Plataformas Tecnológicas durante el cursado en sistemas virtuales" IV Congreso Internacional del Conocimiento Octubre 2015 - SIMPOSIO N° 3 B: EDUCACIÓN Y NUEVAS TECNOLOGÍAS artículo 82.
<http://www.internacionaldelconocimiento.org/index.php/resumenes-aprobados/item/856-simposio-n-3-b-educacion-y-nuevas-tecnologias>
- [2] Gómez, S., & Caicedo, L. (2015). ESTUDIAR CARRERAS UNIVERSITARIAS EN MODALIDADES E- LEARNING Y B-LEARNING Revista Lasallista de Investigación (trabajos presentados bajo política editorial, sometidos a arbitraje y aceptados). <http://repository.lasallista.edu.co:8080/ojs/index.php/rldi/article/view/837>
- [3] Gómez,S., Carranza, J. P., & Mazzieri, R. S. (2015). P.258 Modalidades de cursado virtual en la universidad y rendimiento académico de los alumnos. X Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología / Gladys Dapozo; Patricia Pesado ; Guillermo E. Feierherd. - 1a ed. - Corrientes: Editorial de la Universidad Nacional del Nordeste EUDENE, 2015. Compiladora: Gladys Dapozo E-Book.
<http://teyet2015.unne.edu.ar/files/TEyET2015.pdf>
- [4] Tapia, G; Gutierrez, C.; Bologna-Molina R. (2013) Uso de entornos virtuales de aprendizaje en educación superior. Su impacto en el rendimiento académico exitoso en Histología Revista Material Didáctico Innovador nuevas tecnologías educativas, v.9, n.2, pp.9-16. Disponible en:
https://www.colibri.udelar.edu.uy/bitstream/123456789/2546/1/Tapia_G_2013.pdf
- [5] Bernal, César. Metodología de la Investigación. 2006.
- [6] Sabin, Carlos. *El proceso de investigación*. Editorial Episteme, 2014.
- [7] Cais, Jordi. *Metodología del análisis comparativo*. Centro de Investigaciones Sociológicas, 1997.
- [8] Romo, L (2010) Competencias Comunicativas Aplicando la Estrategia de Aprendizaje Colaborativo en Línea a Nivel Preparatoria.

Tecnológico de Monterrey, Universidad Virtual. Recuperado de <http://biblioteca.itesm.mx/cgi-bin/doctec/opendoc?cual=10987>

- [9] Gómez, S (2013) "La competencias comunicativas en estudiantes universitarios que cursan en Sistemas de Aprendizaje Distribuido (SAM) con modalidad Blended Learning" Revista Tendencias Universidad Blas Pascal Año VII Número 13 2013 Córdoba.
- [10] Gómez, S. (2014) Usos y experiencias de los estudiantes en las plataformas tecnológicas y su relación con el rendimiento académico en el primer año de estudio en sistemas universitarios de educación virtual. Revista Diálogos Pedagógicos. EDUCC

Three Dimensional Modelling of Porto's Network for Electric Mobility Simulation

Diogo Santos, José Pinto, Rosaldo J. F. Rossetti[†], Eugénio Oliveira[†]

[†]Artificial Intelligence and Computer Science Lab
Department of Informatics Engineering
Faculty of Engineering, University of Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 – Porto, Portugal
{diogo.ribeiro, carvalho.pinto, rossetti, eco}@fe.up.pt

Abstract — Elevation data is very important for precise electric vehicle simulation. However, traffic simulators are often strictly two-dimensional and do not offer the capability of modelling urban networks taking elevation into account. In particular, SUMO - Simulation of Urban Mobility, an often used microscopic traffic simulation platform, relies on urban networks previously modelled with elevation data in order to provide access to this information during simulations. This work intends on tackling the problem of how to add this elevation data to urban network models - in particular for the case of the Porto urban network, in Portugal. With this goal in mind, a comparison between different altitude information retrieval approaches is made and a simple tool to annotate network models with altitude data is proposed. This paper starts by describing the methodological approach followed to develop the work, then describing and analysing its main findings. This description includes an in-depth explanation of the proposed tool. Lastly, this paper reviews some related work to this subject.

Keywords -*Intelligent Vehicle software; eco-driving and energy-efficient vehicles; vehicle simulation systems.*

I. INTRODUCTION

This work was motivated by a presentation with the theme "Assessing the Performance of Electric Buses: a study on the impacts of different routes" by Deborah Perrotta, based on some of the author's previous work [1, 2]. The presentation alerted to the importance of route elevation in electric vehicle simulation and the general lack of this information on many simulations, giving rise to the main issue tackled by this work: How can an elevation parameter be added to SUMO-based urban network simulations? Elevation data is important when simulating electric vehicles due to this type of vehicle's dependency on road topology, when considering its efficiency. In general, a vehicle ascending a road will put the engine under more stress than when driving in a slope-less road or in a downward direction, increasing energy consumption. In addition, electric vehicles are often equipped with energy recuperation mechanisms which can partially recharge the battery when braking or otherwise descending a road.

In particular, this problem was approached having urban networks from Porto, Portugal, as basis. Given the background of the problem, it is possible to contextualize this work in three major themes: Electric vehicles, Intelligent transportation systems and simulation and modelling.

The main motivation of this work is then to improve transport systems simulation (in particular in the SUMO - Simulation of Urban Mobility [3] platform) by adding elevation data to these simulations. Once completed, this project is expected to play a part in simplifying and extending the process of modelling elevation data in these simulations, simultaneously providing more accurate metrics. As a direct result, it is expected some enhancement to the precision of electric vehicle simulation in urban networks, as increased energy consumption and recuperation events related to road topology should be more precisely modelled.

In order to comply with such expectations, certain objectives were taken into consideration. The main goal considered was to find a pragmatic way of adding elevation data to strictly two-dimensional transportation systems simulations. More specifically, the work entitles some research on already existing approaches to this problem. In addition, it was set as another objective to examine the viability of generating topographic information using manually acquired GPS data. Finally, the elevation data needs to be integrated with SUMO.

Section II describes in detail the approach taken in developing this work. Section III details the main findings during development along with some analysis. Next, Section IV makes a short description of some of the most important work found relating to this project. Lastly, Section V reviews some of the main points and contributions of this work, along with relevant future work to be developed.

II. METHODOLOGICAL APPROACH

In general, the approach followed for this project started by the research and investigation on how the problem of a third dimension was solved in other work that used simulations based on SUMO. This research had the objective of analysing what kind of techniques could be used on this work. After this, it was important to select an appropriate region of Porto to use as the base model to find altitude data for. Then come phases related to retrieving the actual altitude data using any of the approaches found during the first phase, modelling that data and integrating it with the network model in SUMO. Part of the approach also involved the setup and configuration of the simulation platform, comprised of SUMO, the High Level Architecture and Simulink (these last items described in section IV-A).

The following subsections describe in further detail what each of the phases of the work entailed.

A. Research for possible approaches

The main objective of this research phase was to gain further knowledge regarding simulation on the SUMO platform, how to configure and use it correctly and how the problem of three-dimensional simulation was addressed by other users. The main finding was that SUMO already supports three dimensional information to a certain degree: if this information is provided in the network file, simulations take the elevation data into consideration, including the capability of displaying in the graphical user interface information regarding inclination and height for each road segment. The main issue with support for elevation data on SUMO is that this data must be somehow provided when creating the network file, in order for the network to take that information into account. So there still remains a problem to solve: how to retrieve that information and provide it in a way that can be used by SUMO?

The following step consisted on solving this issue. Research brought to attention three possible approaches: manually capturing altitude information using a GPS device, using a combination of *OpenStreetMap* maps and data from the Shuttle Radar Topography Mission to retrieve altitude for our region of interest and, lastly, using the Google Maps Elevation API, by Google. More information about these possible approaches can be found in section II-C.

B. Selection of the urban network

Contemplating the possibility of manually capturing GPS data, it was of interest to select a region easy to visit if needed, but also with relevant elevation features to be captured, such as multiple ascents and descents of varying degrees of inclination. With this in mind, the urban network of the Porto down-town area, in particular the Aliados zone was chosen. Some previous work by Macedo et al. [4, 5, 6] contemplated the modelling of this zone into a SUMO network file ready to be loaded into the simulator, but lacking any sort of elevation data already integrated into it. As such, the present work made use of that network file.

C. Elevation data retrieval

This phase contemplated the exploration of three different approaches to retrieving elevation data. This subsection intends to define how each of these approaches can be used. In section III-A, a general comparison of pros and cons for each of these methods is given.

1) *Manual GPS information capture*: The main idea behind this approach is to use a commercial GPS device to capture GPS data, which includes altitude information. Similarly, some other attempts have tried to infer route geometry using GPS logs [7]. Since the work of this paper is related to electric vehicles - in particular, electric buses - it would be interesting to capture this GPS data along common public transportation routes in the Aliados network.

However, capturing a significant amount of GPS points for a good modelling of the elevation along a route can be a time-consuming task. In addition, consumer-grade GPS devices are

considered to be inaccurate at determining altitude information. For both these reasons, despite being considered, this approach ended up not being used for the work, albeit being something to consider exploring in the future.

2) *OpenStreetMap and the Shuttle Radar Topography Mission: OpenStreetMap* (OSM) [8] is a free, editable world map being collaboratively built by volunteers, offered to the general public with an open-content license. Community efforts have made this map very accurate and detailed for many parts of the world, being a good source of information related to urban networks. As such, it is possible to import OSM map files into SUMO, in order to automatically generate accurate and detailed networks for the simulations. However, the OSM maps also lack accurate altitude information for most of the world. Nonetheless, the community has developed several tools to gather altitude information. In particular, a plugin allows linking the map to NASA's *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) [9] data and retrieve precise altitude information for most regions of the world. The SRTM is a mission conducted since the year 2000 to obtain elevation data for most of the world with high precision and resolution and making it available to the general public.

Despite using OSM and the SRTM plugin and then directly importing the data to SUMO being simple to do and accurate regarding three-dimensional information, this approach does not allow adding the altitude value to pre-existent SUMO network files. Fully modelling an urban network to use in SUMO can be a time demanding task and disregarding old network files and starting anew in order to use an OSM file for altitude purposes may not be viable. Network files generated by OSM file conversion are often created with issues that require user maintenance to patch, such as inaccurate road representations, which translate into an added effort to use this method of network creation. As such, it is important to have an alternative to retroactively, and automatically, add the altitude information to previously existing and maintained network files.

3) *Google Maps Elevation API*: The Google Maps Elevation API [10] allows the retrieval of precise altitude information for any point of the world whose data Google possesses. The API receives (longitude, latitude) coordinates and retrieves the altitude for them. It allows querying for single points, multiple ones in bulk or along a path defined by a start and ending point.

Using this API has the advantage of directly accessing Google's data, which is known for its precision and availability all around the globe. Nonetheless, a disadvantage of the API is related to free access limits. Free access to the API is limited to 2500 requests per day, a maximum of 512 locations per request and a total of 10 requests per second, which may make the usage of tools resorting to this API not viable for certain situations.

Nonetheless, with the objective of pre-processing and annotating SUMO network files with altitude data before

running the simulations, the API was chosen to be used for the purpose of this work.

D. Network altitude model creation and integration of the model with SUMO

Altitude data is combined with the original SUMO network file in order to create a new network file enhanced with three-dimensional information. These recreated files can be considered the altitude model for the urban networks, as the simulation can extract needed altitude information from it.

TABLE I. GENERAL COMPARISON OF ELEVATION RETRIEVAL APPROACHES

	Pros	Cons
Manual GPS	<ul style="list-style-type: none"> + Keep data for offline access; + Adapt to region of interest; + Possible path reconstruction; 	<ul style="list-style-type: none"> - Time consuming; - May need extra complex manipulation; - Inaccurate.
OSM + SRTM	<ul style="list-style-type: none"> + OSM is free, open content; + Highly detailed networks; + Can extract just a region of the world; + Fast processing for big networks. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cannot integrate directly with SUMO; - Cannot be used to extend old network files.
Google API	<ul style="list-style-type: none"> + Accurate data; + Near-global availability; + Ease of use. 	<ul style="list-style-type: none"> - Limited free access; - Slow for real time; - No offline access.

Since SUMO simulations rely on the network files to function, that part of the integration is set by default.

However, the developed work takes into account the possibility of, in the future, interacting with SUMO externally. As such, single point lookup capabilities were implemented and questions addressing how to store data for future queries were thought about. Conclusions regarding future work related to this issue are described in section V. Although the possibilities mentioned in the future work are not yet implemented, the development was made with future extensibility in mind.

E. Urban network simulation

To allow for future testing and integration of the altitude data into more complex simulation systems, the simulation architecture proposed by Macedo et al. [5, 6] was installed and configured. This architecture comprises in the interconnection of the SUMO simulator with Simulink models, through a High Level Architecture (in the case of this work, Pitch pRTI [11]).

The configured system seemed to run properly after setup. However, since the simulations did not implement usage of altitude information from SUMO yet, no testing of its performance was made.

III. RESULTS & ANALYSIS

A. General comparison between methods

Section II mentioned that several elevation data retrieval approaches were taken into account and analysed. Table I summarizes the main advantages and disadvantages for each of the methods, found during research.

B. The elevation data retrieval tool

The main practical output of this work was the development of a tool to automatically retrieve altitude data given coordinates in SUMO's projection space. Specifically,

this tool is able to either read a previously created SUMO network file and create a new one, annotated with altitude data, or receive a single two-dimensional (x, y) coordinate and retrieve the corresponding elevation data.

The architecture of the tool is simple and modular. The parser / writer module parses the original SUMO network files in order to extract coordinate information and is responsible to recreate the file with altitude information. A geographic



Figure 1. Summary of the tool's execution flow.

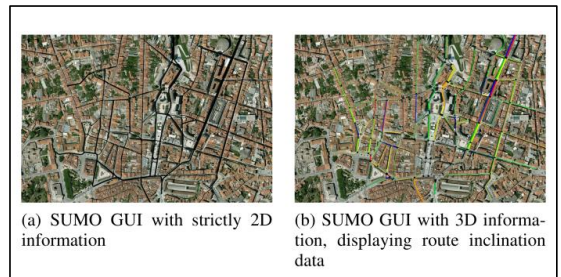


Figure 2. General comparison of elevation retrieval approaches.

projection converter manages the conversion of coordinates in the network files to usable latitude and longitude projections. A basic *http* module queries the Google API for the needed altitude information. Lastly, our work interacts with SUMO's native *NETCONVERT* tool to merge the altitude data to the network file, in the correct format.

At the time of writing, the execution flow of the tool for network file handling, in general, is as follows, summarized in Fig. 1:

- 1) Parse the SUMO XML network file to extract the two-dimensional (x, y) coordinates of the relevant nodes, as well as information about the geometric projection used by SUMO (in particular, the "offsets" for the 'x' and 'y' coordinates [12]);
- 2) Convert each of the obtained coordinates to a latitude and longitude based projection. Currently, the tool supports converting from *Universal Transverse Mercator* (UTM) coordinates [13], as it is the projection found in the network files used for testing during development. The Java library *Proj4J* [14] is used to implement the geographic projection conversions;
- 3) Each one of the converted points is bundled into a single query to the Google Maps Elevation API, mentioned in section II-C.3, which retrieves the elevation data for every point. A single query is performed instead of a query per point, in order to save on the number of API calls executed for each converted file;

4) A new, temporary, XML network file is created, with the same information as the original file, but with a 'z' dimension added to the previously two-dimensional nodes, containing the elevation data;

5) Lastly, SUMO's *NETCONVERT* tool [15] is used on the aforementioned temporary network file. *NETCONVERT* uses the three-dimensionally annotated node information to generate a new network file with all the expected elevation data.

TABLE II. GOOGLE MAPS ELEVATION API ACCESS TIMES

Number of points	Round trip time (milliseconds)
1	730
100	710
150	780
200	725
250	777
300	738

Fig. 2 shows a comparison of the SUMO GUI without any kind of three-dimensional data and with provided elevation data, colouring the network edges relatively to their inclination ratio.

It is also possible to use the tool to retrieve data for a single coordinate, without providing any SUMO network files. In this case, the user needs only provide a UMT coordinate and the corresponding “offsets” for the 'x' and 'y' coordinates. The execution flow is similar to the aforementioned one, but in this case only the coordinate conversion step is performed before querying the API with the single point. Then, the retrieved elevation data is displayed to the user in the system console. Such an approach can be useful to extend multi-paradigm, multi-resolution, and multi-perspective simulation, integrating different models as proposed by other literature [16, 17, 18, 19].

C. Google Maps Elevation API access times

In order to explore a possible real-time usage of the developed tool integrated with a SUMO simulation, the average API access times, over 10 attempts, for different number of points were measured. Real-time usage could be interesting to explore in order to, instead of previously annotating the complete network file, query for the information as needed, during the simulation. The results are shown in table II. It is possible to observe that the access times remain approximately constant regardless of the number of points sent in the query. However, these access times are close to 0.8 seconds, which can be considered slow.

IV. RELATED WORK

This section summarizes two of the main works this paper is based on.

A. A HLA-based multi-resolution approach to simulating electric vehicles in simulink and SUMO

This work defines a *High Level Architecture* (HLA) to interconnect different simulation systems [6]. In specific, the HLA integrates a Matlab / Simulink [20] model of an electric bus subsystem with a microscopic traffic simulation using SUMO.

Using the referred system it is possible to make a real-time analysis of electric vehicle performance under dynamic conditions. The work was tested on a scenario based in the Porto Aliados bus network, in Portugal. This is the same urban network used for the experimentations on the present work.

Despite the importance of elevation data for precise electric vehicle simulation, it does not take into consideration this dimension. The search for a way to correct that shortcoming motivated this work.

Besides using the same urban network for the simulations, the developments of this work were implemented with recourse to a similar system, in particular the Simulink + SUMO over HLA approach. This paper was found to be relevant to the present work due to the implemented HLA system. Currently, the developed tool mentioned in section III-B does not make use of the system's functionality as it interacts with SUMO on a network file pre-processing basis. However, future work contemplates the usage of the tool as a real-time standalone altitude retrieval, to communicate both with SUMO and Simulink to provide altitude information when needed (and not already available on the SUMO simulation). If successful, such an improvement could be considered an important complement to the work of Macedo et al. [6], providing a more robust electric vehicle simulation platform.

B. Electric vehicle simulator for energy consumption studies in electric mobility systems

In this work [21], an electric vehicle model implemented directly in SUMO is suggested, as opposed to the Simulink model mentioned in the previously. At the time of writing of that paper, SUMO was lacking a direct way to integrate electric vehicles in its simulation capabilities. As such, the paper proposed an extension to the simulator's capabilities by adding electric vehicle models, validated with a series of tests. It is worth noting, though, that as of version 0.24, released in 2015, SUMO offers native electric vehicle simulation capabilities, along with electric charging stations data [22]. As of yet, advantages of using SUMO's native capabilities in place of the approach proposed by R. Maia et al. remain to be analysed by the authors.

Despite the aforementioned electric vehicle simulation capabilities in the current SUMO versions, the paper was still found to be relevant regarding the addition of elevation data in the simulations. In particular, it proposes the integration of an independent altitude information file with the SUMO network using SUMO's *NETCONVERT* tool, which was already mentioned in section III-B. The work showed that SUMO already provided some native capabilities to integrate elevation data and motivated the usage of SUMO's *NETCONVERT* for

the tool mentioned in section III-B. It is worth mentioning, however, that this work did not specify how that altitude information was obtained, how the file was structured nor exactly what kind of integration NETCONVERT did with the file. In contrast to the work developed by R. Maia et al., the current work and the developed tool intended to offer a more extensive explanation of how elevation data is obtained and integrated into SUMO, as well as provide a way to retroactively extend SUMO network files with altitude data, without any pre-prepared altitude information files.

V. CONCLUSIONS

Relating to the compared elevation data retrieval approaches, it was possible to see that all three have their advantages and disadvantages. In particular, the Google Maps API can be considered fast to process large bulks of data, however no clear advantage in API call time is obtained by querying for a single point. Since the average call time reaches near 0.8 seconds, this approach may not be suitable for real-time usage. However, the data obtained using the API is the same used in Google Earth / Google Maps which, in general, means good quality data. In addition, the data availability is high, with most of the world being mapped and automatic data interpolation being made in cases of unavailable points.

Regarding the *OpenStreetMap* integrated with the Shuttle Radar Topography Mission, one can consider it to be a good option to retrieve altitude data, especially because the SRTM data is very accurate. However, in order to use this approach, it is necessary to start by extracting a mapped region from *OpenStreetMap*, retrieve the altitude data using SRTM and only then generate the SUMO network file. This means that this approach cannot annotate previously existing network files. Since these files can be time-consuming to create, disregarding previous work in order to start anew using OSM + SRTM may not be viable. In addition, real time usage is not directly possible.

Lastly, when considering manual GPS altitude data capturing, one must take into account that consumer-grade GPS devices are considered to be inaccurate when acquiring altitude information. In addition, to minimize the necessity of interpolating data, which leads to even further inaccuracy, it is necessary to capture a large number of points. Since this capture needs to be done in-site, it can be a very time-consuming task. Nonetheless, keeping a local database of GPS data minimizes the need for online tools, which reduces access times and reliability issues, in turn making it a great alternative for real-time usage.

Regarding the possibility of using a local geospatial database, some considerations have been made. It has been considered integrating one of these databases within the developed tool, in order to store captured GPS coordinates. Besides the previously mentioned offline access capability, it could be possible to reconstruct travelled tracks and integrate that functionality with SUMO networks. In addition, information from other altitude data retrieval approaches could be stored as well, meaning online API accesses would only need to be made once per point and possibly pre-loaded before SUMO simulations, to allow for real-time usage.

At the moment, an initial version of the proposed tool has been implemented, capable of annotating a SUMO network file with altitude information retrieved from the Google Maps Elevation API. The resulting file is directly usable in any future SUMO simulations. As it stands, it is also possible to use the tool to perform altitude queries for single points (as opposed to annotating an entire network file). The tool should be open-sourced and made publicly available soon, integrated in the *MAS-Ter Lab* specification [23, 24, 25]. As main contributions from the developed work, the general comparison between altitude information retrieval techniques and the developed tool can be considered. Hopefully, these can help improve the precision of urban network simulation, in particular for electric vehicle simulation cases. However, the tool has other usages in arguably different environments, such as those using serious games and gamification strategies as modelling support tools [26, 27], as these can benefit from a more realistic representation of the network.

Regarding possible future work, the main priority would be implementing the local geospatial database, possibly using the *PostGIS* [28] technology. Using this database, the information retrieved from the Google Maps Elevation API could be stored for future offline usage and, additionally, implement some of the previously mentioned capabilities. In particular, *PostGIS* was considered for its data interpolation and track information storage capabilities “out of the box”.

In addition, it would be important to try and implement a *High Level Architecture Federate* for the developed tool in order to allow real-time usage in conjunction with SUMO. Further experimentation would then be needed to attest the viability of this. Lastly, some direct improvements to the developed tool's code could be made. In particular, some of the geographic projection parameters are “hard-coded” when they could be extracted from the SUMO network file.

REFERENCES

- [1] D. Perrotta, B. Ribeiro, R.J.F. Rossetti, J.L. Afonso, "On the potential of regenerative braking of electric buses as a function of their itinerary," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 54, pp. 1156-1167. 2012.
- [2] D. Perrotta, J. L. Macedo, R. J. Rossetti, J. F. de Sousa, Z. Kokkinoginis, B. Ribeiro, and J. L. Afonso, "Route Planning for Electric Buses: A Case Study in Oporto," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 111, pp. 1004-1014, feb 2014.
- [3] DLR - Institute of Transportation Systems, "SUMO - Simulation of Urban Mobility," 2015. [Online]. Available: http://www.dlr.de/ts/en/desktopdefault.aspx/tabid-9883/16931_read-41000/
- [4] J. L. P. Macedo, "An integrated framework for multi-paradigm traffic simulation," 2013. [Online]. Available: <http://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/72541>
- [5] J. Macedo, S. Guilherme, Z. Kokkinoginis, D. Perrota, and R. J. F. Rossetti, "A Framework for Electric Bus Powertrain Simulation in Urban Mobility Settings: coupling SUMO with a Matlab/Simulink nanoscopic model," in *1st SUMO User Conference 2013*. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Institut für Verkehrssystemtechnik Rutherfordstraße 2, 12489 Berlin-Adlershof, 2013, pp. 95 - 102.
- [6] J. Macedo, Z. Kokkinoginis, G. Soares, D. Perrotta, and R. J. F. Rossetti, "A HLA-based multi-resolution approach to simulating electric vehicles in simulink and SUMO," in *16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2013)*. IEEE, 2013,

- pp. 2367–2372.
- [7] T.R.M. Freitas, A. Coelho, R.J.F. Rossetti, "Correcting routing information through GPS data processing," in *13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2010)*. IEEE, 2010, pp. 706-711.
 - [8] OpenStreetMap Foundation, "OpenStreetMap," 2015. [Online]. Available: <https://www.openstreetmap.org>
 - [9] NASA Jet Propulsion Laboratory, "Shuttle Radar Topography Mission," 2015. [Online]. Available: <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>
 - [10] Google, "The Google Maps Elevation API | Google Maps Elevation API | Google Developers," 2015. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/intro>
 - [11] Pitch Technologies, "Pitch pRTI Free," 2015. [Online]. Available: <http://www.pitch.se/downloads/pitch-prti-free>
 - [12] DLR - Institute of Transportation Systems, "Networks/SUMO Road Networks - Sumo," 2015. [Online]. Available: http://sumo.dlr.de/wiki/Networks/SUMO_Road_Networks#Coordinates_and_alignment
 - [13] MapTools, "More details about the UTM coordinate system," 2016. [Online]. Available: <https://www.maptools.com/tutorials/utm/details>
 - [14] OSGeo Foundation, "Proj4J," 2015. [Online]. Available: <https://trac.osgeo.org/proj4j/>
 - [15] DLR - Institute of Transportation Systems, "NETCONVERT - Sumo," 2015. [Online]. Available: <http://sumo.dlr.de/wiki/NETCONVERT>
 - [16] R.J.F. Rossetti and S. Bampi, "A software environment to integrate urban traffic simulation tasks," *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, vol. 3, no. 1, pp. 56-63.
 - [17] R.J.F. Rossetti, P.A.F. Ferreira, R.A.M. Braga, E.C. Oliveira, "Towards an artificial traffic control system," in *11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2008)*. IEEE, 2008, pp. 14-19.
 - [18] J.L.F. Pereira, R.J.F. Rossetti, "An integrated architecture for autonomous vehicles simulation," in *Proc. of the 27th annual ACM symposium on applied computing*, 2012, pp. 286-292.
 - [19] I.J.P.M. Timóteo, M.R. Araújo, R.J.F. Rossetti, E.C. Oliveira, "TraSMAP: An API oriented towards Multi-Agent Systems real-time interaction with multiple Traffic Simulators," in *13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC 2010)*. IEEE, 2010, pp. 1183-1188.
 - [20] The MathWorks Inc., "Simulink - Simulation and Model-Based Design," 2015. [Online]. Available: <https://www.mathworks.com/products/simulink/>
 - [21] R. Maia, M. Silva, R. Araujo, and U. Nunes, "Electric vehicle simulator for energy consumption studies in electric mobility systems," in *2011 IEEE Forum on Integrated and Sustainable Transportation Systems*. IEEE, jun 2011, pp. 227–232.
 - [22] DLR - Institute of Transportation Systems, "Models/Electric - SUMO - Simulation of Urban Mobility," 2015. [Online]. Available: <http://www.sumo.dlr.de/userdoc/Models/Electric.html>
 - [23] R.J.F. Rossetti, R. Liu, H.B.B. Cybis, S. Bampi, "A multi-agent demand model," in *Proc. of the 13th Mini-Euro Conference and the 9th Meeting of the Euro Working Group Transportation*, 2002, pp. 193-198.
 - [24] R.J.F. Rossetti, R. Liu, "An agent-based approach to assess drivers' interaction with pre-trip information systems," *Intelligent Transportation Systems*, vol. 9, no. 1, pp. 1-10. 2005.
 - [25] R.J.F. Rossetti, E.C. Oliveira, A.L.C. Bazzan, "Towards a specification of a framework for sustainable transportation analysis," in *Proc. of the 13th Portuguese Conference on Artificial Intelligence*, Guimarães, Portugal, Dec. 3-4, 2007, pp. 179-190.
 - [26] R.J.F. Rossetti, J.E. Almeida, Z. Kokkinoginis, J. Gonçalves, "Playing transportation seriously: Applications of serious games to artificial transportation systems," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 28, no. 4, pp. 107-112. 2013.
 - [27] Jorge F Silva, João Emilio Almeida, Rosaldo JF Rossetti, Antonio Leca Coelho, "Gamifying evacuation drills," in *8th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI 2013)*, IEEE, 2013, pp. 1-6.
 - [28] PostGIS Project Steering Committee, "PostGIS — Spatial and Geographic Objects for PostgreSQL.", 2015. [Online]. Available: <http://postgis.net/>

Aplicação de Processo Híbrido de Gestão de Requisitos de *Software*

Application of a Hybrid Process Software Requirements Management

Dyego Alves da Silva, Edgard Costa de Oliveira
Departamento de Ciência da Computação - CIC,
Universidade de Brasília
Brasília, Brasil
dyegoalves10@gmail.com, ccosta@unb.br

Edna Dias Canedo, Hugo Ferreira Martins.
Engenharia de *Software*,
Universidade de Brasília
Brasília, Brasil
ednacanedo@unb.br, hugomartins_15@hotmail.com

Resumo — O gerenciamento de requisitos de *software* é atividade essencial para se alcançar níveis desejados de produtividade e qualidade no processo desenvolvimento de *software*. Esse artigo propõe a contextualização desse processo em instituição pública, propondo uma metodologia padrão, de gerenciamento dos requisitos, adequada às necessidades da instituição, visando melhoria na produtividade e qualidade. Para tanto estudamos a metodologia tradicional de desenvolvimento de *software*, com ênfase no processo do *Rational Unified Process* (RUP) e a metodologia ágil, com o processo *Scaled Agile Framework* (SAFe), para propor uma metodologia híbrida de gerenciamento de requisitos. Foram realizadas entrevistas, aplicações de técnicas para estabelecer o contexto, pesquisas bibliográficas em documentos, normas e boas práticas. A metodologia proposta demonstrou-se adequada para a melhoria na elicitação de requisitos desejados, contextualizados e validados pelas equipes envolvidas, por meio de análise documental, entrevistas e prototipação, a partir da visão híbrida construída.

Palavras Chave - *gerenciamento de requisitos; Metodologia Híbrida; SAFe; RUP.*

Abstract — Software requirements management is essential to achieve expected levels of productivity and quality in *software* development. This paper proposes to apply this process a governmental institution, by proposing a standardized methodology of requirements management, adapted to the needs of the institution, to improve productivity and quality. Therefore we analysed the traditional method of *software*-development, with emphasis on the Rational Unified Process (RUP) and agile methods such as Scaled Agile Framework process (SAFe), in order to propose a hybrid method for requirements management. Interviews, technical applications to establish the context, literature searches on documents, standards and best practices were held in order to validate the hybrid approach of the proposed methodology that was applied to a case study.

Keywords - *Requirements Management; Hybrid methodology; SAFe; RUP.*

I. INTRODUÇÃO

Projetos de desenvolvimento de *software* devem ser estruturados em um processo para obter os melhores resultados

em produtividade e qualidade. Um processo é um conjunto de ações e atividades inter-relacionadas realizadas para obter um conjunto especificado de produtos, resultados ou serviços [4].

A implantação de modelos de qualidade para processos de desenvolvimento de *software* tornou-se uma das principais estratégias das organizações para criarem maturidade e estrutura para enfrentar o cenário do mercado de *software* [6] [22] [11] [13] [23] [3]. O mesmo ocorre com órgãos do governo o desenvolvimento de *software* para governo requer cada vez mais o uso de pessoas, metodologias e recursos tecnológicos capazes de melhorar a concretização da produção do *software*. Repensar e remodelar o processo de desenvolvimento de *software* é tarefa urgente, no sentido de alcançar as vantagens para o governo, executando-as de maneira mais eficiente e eficaz, e assim evitando-se desperdício de gastos públicos.

Inúmeros processos (métodos) de desenvolvimento de *software* foram desenvolvidos nas últimas décadas [12] e, desde a metade dos anos 90, novos processos, de forma geral dividem-se em dois grupos ou paradigmas diferentes de acordo com os princípios e a doutrina que estabelecem, são eles: processos tradicionais (ou dirigidos por planejamento) e processos ágeis [25].

Tanto as metodologias baseadas em processos tradicionais quanto as que se fundamentam em métodos ágeis têm seus pontos fortes e fracos, dependendo do contexto em que são aplicadas. Enquanto que os métodos tradicionais têm sido recomendados para projetos de larga escala e alto risco, o desenvolvimento ágil tem se mostrado mais apropriado para projetos de baixo risco e curta duração [21] [7] [12] [16].

Diante do exposto, é uma prática comum das organizações em geral, públicas ou privadas, a definição de um processo padrão customizado àquela realidade, baseado nos princípios e práticas sugeridos pelos modelos canônicos. O processo é definido pela organização de forma genérica, com diretrizes para a adaptação à realidade de cada projeto [19].

Boehm e Turner [5] estabeleceram abordagens híbridas que incorporam características das metodologias ágeis e

tradicionais, e também propuseram uma técnica para auxiliar na escolha do paradigma a ser utilizado em um dado projeto, com base em cinco características: tamanho do projeto, número e perfil das pessoas da equipe, criticidade, dinamismo e cultura. De acordo com Fowler [10], em um processo adaptável o cliente possui melhor controle do processo de desenvolvimento de *software*.

O presente trabalho apresenta uma proposta de processo de desenvolvimento de *software* híbrido com enfoque no gerenciamento de requisitos, para uma Secretaria do Governo de Brasília, desenvolvida a partir da adaptação do método ágil *Scaled Agile Framework* (SAFe) com o método tradicional *Rational Unified Process* (RUP). Utilizando-se da estrutura e de práticas do SAFe e das práticas do RUP, a fim de desenvolver um processo que incorpore benefícios de ambos os paradigmas, ágil e tradicional, visando ao desenvolvimento de *software* com agilidade, flexibilidade, organização e com documentação suficiente para facilitar a reutilização das práticas.

Essa proposta tem enfoque no gerenciamento de requisitos, pois nas contratações de soluções de *softwares* por instituições públicas do governo de Brasília, via de regra, as aquisições de *softwares* são divididas em dois lotes (etapas), o primeiro lote é responsável pelo levantamento, especificação e modelagem de requisitos dos *softwares*, documentação e a mensurações (contagem de pontos de função). O segundo lote é referente ao desenvolvimento, documentação, implantação e manutenção do *software* especificado no primeiro lote, assim essa pesquisa foca na primeira etapa da contratação de *softwares*.

O processo proposto foi aplicado em um estudo de caso a fim de verificar sua funcionalidade e validá-lo. O estudo de caso visa o desenvolvimento do gerenciamento de requisitos de um *software* para automação do processo de planejamento da contratação de soluções de TI para a Secretaria de Estado do Governo de Brasília.

II. GERENCIAMENTO DE REQUISITOS

O gerenciamento de requisitos (GR) é área da Engenharia de *Software* que estuda o desenvolvimento e a manutenção de requisitos que o sistema deverá satisfazer e tem como objetivo identificar, comunicar e ajustar as expectativas do cliente [27]. Requisitos de um sistema incluem especificações dos serviços que o sistema deve prover, restrições sob as quais ele deve operar, propriedades gerais do sistema e restrições que devem ser satisfeitas no seu processo de desenvolvimento.

Nessa perspectiva, Sommerville [24] define que requisitos de um sistema são descrições dos serviços que devem ser fornecidos por esse sistema e as suas restrições operacionais; e, Pfleeger [20] estabelece que requisito de um sistema é uma característica do sistema ou a descrição de algo que o sistema é capaz de realizar para atingir seus objetivos. O GR está dividida em dois grupos de paradigmas o tradicional ou ágil.

III. PARADIGMA TRADICIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE E RUP

O paradigma de processo de desenvolvimento de *software* tradicional é fundamentado no emprego sistemático de preceitos de Engenharia, incorporando as áreas de Qualidade e

Engenharia de Sistemas. As metodologias baseadas neste paradigma usualmente priorizam o planejamento e a elaboração de uma estrutura bastante estável [5]. Seus principais propósitos usualmente são previsibilidade, invariabilidade e alta garantia, prezando por artefatos bem definidos, verificação, validação, e conhecimento e interfaces homologadas em contratos e especificações.

O *Rational Unified Process* (RUP) é um processo tradicional de Engenharia de *software* que fornece uma sequência de tarefas disciplinadas para assumir responsabilidades dentro de uma equipe de desenvolvimento de *software* [14]. O RUP também pode ser adaptado de acordo com as necessidades da organização.

O RUP captura boa parte das melhores práticas para o desenvolvimento moderno de *software*, tais como: desenvolver o *software* iterativamente; gerenciar requisitos; propor arquitetura baseada em componentes; modelar visualmente o *software*; verificar continuamente a qualidade do *software*; foco na qualidade do produto e do processo, e controle de mudanças no *software* [14].

O RUP é dividido em quatro fases: concepção, elaboração, construção e transição. E nove disciplinas, divididas em disciplinas do processo e de suporte. As disciplinas de processo são: modelagem de negócios, requisitos, análise e projeto, implementação, teste e distribuição. As de suporte são: configuração e gerenciamento de mudanças, gerenciamento de projeto e ambiente.

IV. PARADIGMA ÁGIL DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE E SAFe

O atual paradigma de desenvolvimento ágil reporta a perspectiva da programação como uma arte e não como um processo industrial [25]. O desenvolvimento ágil busca obter *feedback* e alterações, e os próprios métodos ágeis são desenvolvidos para aceitar, ao contrário de preterir, grandes índices de mudanças [28].

Esse paradigma dá destaque ao planejamento adaptativo, simplicidade e liberação contínua de *software* com valor operacional em custas iterações com duração fixa. Em contestação ao paradigma tradicional, os métodos ágeis tratam as adversidades do mundo como imprevisíveis, acreditando-se na criatividade das pessoas e não nos processos [18] [9].

O *Scaled Agile Framework* (SAFe) é uma metodologia que propõe boas práticas de desenvolvimento ágil, tendo uma estrutura baseada em práticas propostas e consolidadas dos *frameworks*: *eXtremeProgramming*, *Lean*, *Scrum* e *Kanban*. O SAFe proporciona a conexão do modelo ágil às outras disciplinas e problemas que existem na organização, permite aplicar a metodologia de maneira mais escalável na TI e na organização como um todo. Possibilitando ainda a sincronização de vários projetos. O SAFe foi proposto por Leffingwell [15] e está dividido em três níveis, a saber: portfólio, programa e time.

No nível de portfólio define-se o tema de investimento do projeto e as iniciativas empresariais (épicas) que derivam do tema de investimento. O tema de investimento diz respeito ao

local em que o cliente irá investir para ter a solução de *software*.

No programa é onde se identificam as *Features*, que são serviços que o sistema deve fornecer, assim como os requisitos não funcionais da aplicação. É neste nível que se desenvolve a visão do sistema e se planejam as entregas de uma versão de *software* (*Releases*).

No nível de *time* são levantadas as histórias de usuários, que representam as funcionalidades do sistema. Neste nível, são definidos os critérios de aceitação das histórias que são as necessidades que a funcionalidade deve atender para que a história seja aceita pelo cliente. No nível de *time*, realiza-se o planejamento, execução e retrospectiva de um ciclo de tempo, que pode variar de uma a duas semanas, onde as histórias de usuários serão implementadas, esse ciclo é chamado de *Sprint*.

Com o decorrer do processo de gerenciamento de requisitos, a execução das atividades vai passando pelos níveis (portfólio, programa e *time*) de acordo com o nível de granularidade do requisito, desde requisitos macro (no nível de negócio) ao nível mais baixo, buscando-se assim a solução de *software* propriamente dita.

Observa-se que quanto mais baixo o nível das atividades, maior é a granularidade dos requisitos. Logo, mudanças nos requisitos causariam um menor impacto se comparadas às mudanças de mais alto nível.

V. PROBLEMA E CONTEXTO PARA APLICAÇÃO DO MODELO HÍBRIDO

Este trabalho foi realizado dentro da área de desenvolvimento de *software* de uma secretaria de estado do Governo do Distrito Federal. Ela é o contexto deste estudo, a qual é um órgão de alta relevância da administração pública do governo, é responsável por gerir as ações relativas aos sistemas corporativos de tecnologia da informação e comunicação de Brasília. Dada a sua posição estratégica e por solicitação da mesma, a identificação nominal da mesma foi suprimida neste trabalho, doravante identificada como Secretaria.

A secretaria possui uma estrutura administrativa com mais de 300 servidores, tendo orçamento para investimento para o ano de 2015 superiores a 50 milhões de reais, recursos utilizados para as contratações de *hardware*, *software* e de serviços que suportam a estrutura administrativa de alguns órgãos de Brasília.

Atualmente a equipe de desenvolvimento de *software* é composta por seis servidores públicos de carreira, não há contratos com empresas terceirizada a fim de prover serviços para o desenvolvimento de *software*. Ou seja, os softwares da instituição são produzidos por equipe da própria. Os esforços correntes da equipe de desenvolvimento se concentram em dar manutenção a *softwares* legados e em desenvolver *softwares* simples e de soluções pontuais.

O Processo de Desenvolvimento de *Software* (PDS) atual da Secretaria é fundamentado na metodologia tradicional com a aplicação do processo de engenharia de *software* RUP, seguindo o modelo de ciclo de vida iterativo e incremental. O modelo divide o desenvolvimento do produto de *software* em

ciclos. Em cada ciclo de desenvolvimento, podem ser identificadas as fases de análise, projeto, implementação e testes.

Os problemas encontrados no processo atual é que ele é baseado na produção de uma grande quantidade de artefatos e de modelos para orientar o desenvolvimento. A produção destes requerem muito tempo, podem dificultar o controle do projeto e a gestão de mudanças, implicando em um grande esforço e retrabalho.

O estabelecimento de um processo padrão de gerenciamento de requisitos visa prover uma estrutura comum a ser utilizada pela organização nos projetos, sendo um processo elementar que apoiará a execução dos diversos processos de *software* modulados apropriadamente a cada projeto [19] [17]. Para abarcar a pluralidade dos projetos da Secretaria, o processo proposto está em um nível de abstração que alcance às necessidades da maioria dos projetos sendo capaz de ser adaptável às individualidades de cada um.

Devido às especificidades da Secretaria, a proposta do método híbrido se justifica em virtude do contexto em que esta metodologia se aplica possuir características que se enquadram tanto em metodologias tradicionais quanto em ágeis. Essas características são:

- O tamanho da equipe que vai trabalhar no levantamento dos requisitos é pequena. Alves e Alves [1] relatam que os valores ágeis estão alinhados com dinâmicas de pequenas e médias equipes. Para essa característica os métodos ágeis são mais indicados, pois têm como premissa a simplicidade, implementando somente o necessário para atender a necessidade do cliente [26];
- A equipe de desenvolvimento da Secretaria é pequena para o número de demandas. Assim, para essa característica os métodos ágeis são mais indicados, pois têm como premissa a simplicidade. Implementando somente o necessário para atender a necessidade do cliente [26];
- Os desenvolvedores da Secretaria não exercem atividades exclusivas nos projetos de desenvolvimento, possuindo responsabilidades diversas, como a manutenção de sistemas legados e dos portais corporativos, dividindo sua atenção em várias atividades. Dessa forma, os métodos tradicionais podem fornecer maior contribuição, pois proporcionam no início do projeto um maior número de artefatos e informações permitindo maior compreensão do projeto a todos, inclusive aos mais atarefados;
- O processo deve ser flexível aos projetos, pois deve se moldar ao contexto de cada projeto. Nesta perspectiva, o paradigma ágil pode ser mais eficiente, pois se busca uma documentação mínima na execução do processo. Prezando por ter um *software* em produção mais que documentação extensa [3].

VI. PROPOSTA DE PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE REQUISITOS HÍBRIDA PARA A SECRETARIA

Diante de tais especificidades o Processo de Desenvolvimento de *Software*, com enfoque no gerenciamento de requisitos, proposto para a Secretaria é resultado do estudo do contexto do desenvolvimento de *software* da Secretaria e das metodologias SAFe e RUP. A partir desses estudos optou-se, por um processo de proposição junto às equipes envolvidas da Secretaria, pela definição de um processo híbrido de desenvolvimento de software, que integrem características e atividades oriundas das duas metodologias. Dessa forma, desenhou-se uma nova proposta de PDS para a Secretaria. A estrutura do novo PDS é baseada nos três níveis estabelecidos pelo SAFe, a saber: Time, Portfólio e Programa. O processo está representado na Fig. 1.

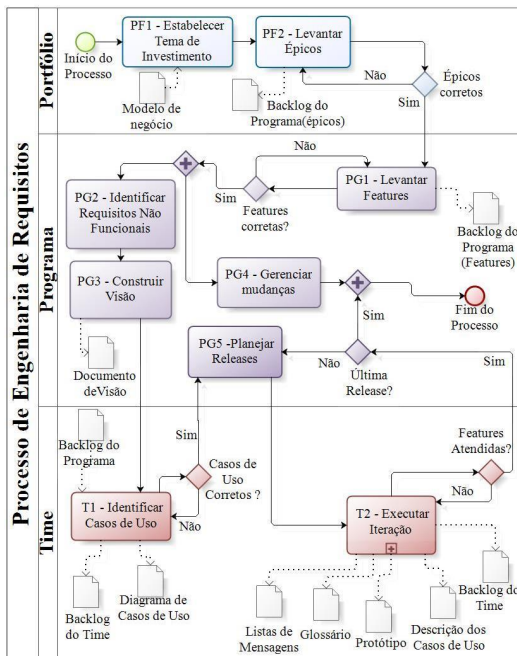


Figura 1. Novo processo de gerenciamento de requisitos híbrido proposto

No nível de portfólio existem as seguintes atividades: PF1 - Estabelecer Tema de Investimento; PF2 - Levantar Épicos. Quanto ao nível programa as atividades são: PG1 - Levantar *Features*; PG2 - Identificar Requisitos Não Funcionais; PG3 - Construir Visão; PG4 - Gerenciar Mudanças e PG5 - Planejar Releases. E no nível de time são: T1 - Identificar Casos de Uso; T2 - Executar Iteração; T2.1 - Especificar Casos de Uso; T2.2 - Desenvolver Protótipo e T2.3 - Validar Protótipo.

Para a execução do processo, foram definidos os seguintes papéis e suas responsabilidades:

- Especialista do negócio: É o *stakeholder* que detém o conhecimento do negócio, do contexto organizacional e da visão do produto. O Especialista de Negócio será

o responsável por fazer todas as validações, pois ele detém o conhecimento necessário;

- *Product Owner* (PO): é o responsável por definir os objetivos da iteração, priorizar e manter o *Backlog* do time (artefato que armazena os requisitos levantados no nível de Time); elaborar e validar os Casos de Uso junto ao Especialista do Negócio; participar do planejamento da iteração e validar a iteração. Além dessas, o PO será responsável pelas atividades: manter a visão e o *Backlog* do Programa (artefato que armazena os requisitos levantados no nível de Programa) e gerenciar o conteúdo da *Release*. As demais validações serão de responsabilidade dos especialistas do negócio, pois o PO será integrante da equipe do projeto. Além disso, ficou definido que o PO trabalhará nos três níveis (Portfólio, Programa e Time) Leffingwell [15];
- Time: É composto pela equipe do projeto e possui as responsabilidades de identificar os Casos de Uso, especificar os Casos de Uso e desenvolver o protótipo.

O processo híbrido foi estruturado nos mesmos níveis propostos no SAFe e propôs o uso de alguns papéis e artefatos deste, e também utiliza artefatos propostos pelo RUP, devido ao seu alto grau de definição, pois o contexto do negócio pede que o desenvolvimento dos requisitos seja bem detalhado.

A estrutura dos três níveis do SAFe foi mantida porque, segundo Leffingwell [15], quanto mais baixo o nível de abstração dos requisitos mais gradativamente é reduzido o nível de especificação precoce, reduzindo a sobrecarga ao gerenciar os requisitos. Isso também aumenta a agilidade do time por permitir a interpretação dos requisitos de maneira mais fácil para a implementação.

A. Descrição dos Níveis do Processo

O nível de Portfólio visa levantar os requisitos de mais alto nível, relacionados ao negócio, identificando onde a organização irá investir para obter a solução de *software*, conhecido como tema de investimento (PF1 - Estabelecer Tema de Investimento). O tema de investimento da organização deve ficar claro para todas as partes interessadas. A partir do tema de investimento, ainda no nível de portfólio, são identificados os épicos (PF2 - Levantar Épicos) que serão armazenados no *Backlog* do Programa.

Épicos são os artefatos de requisitos de mais alto nível no processo, são iniciativas de desenvolvimento em larga escala que agregam valor ao tema de investimento [15]. As atividades do nível de Portfólio são de responsabilidade do PO que deve trabalhar junto ao Especialista do Negócio nas validações.

Após a validação dos épicos com o Especialista do Negócio, inicia-se o processo de identificação dos requisitos visando solução, a partir da identificação dos requisitos de negócio.

No nível de Programa, elicitam-se as *Features* (PG1 - Levantar *Features*) que são as características que serão fornecidas pela solução de *software* visando atender às necessidades do cliente. As *Features* atuam como ponte entre os requisitos de alto nível e os requisitos específicos no

domínio da solução [15]. As *Features* são armazenadas no *Backlog* do Programa e são de responsabilidade do PO.

Em seguida são identificados os requisitos não funcionais (PG2 - Identificar Requisitos Não Funcionais) que são as qualidades do sistema que caracterizam o comportamento. Para esta atividade, os requisitos não funcionais serão escritos seguindo o padrão de Especificações Suplementares descrito pela técnica de documento de visão adotado pelo SAFe. Os requisitos não funcionais são de responsabilidade do PO.

Após a identificação dos requisitos não funcionais, ainda no nível de Programa, é feita a construção da visão do sistema (PG3 - Construir Visão) que armazenará os requisitos não funcionais, as *Features* e trará uma visão geral da solução do sistema refletindo as necessidades das partes interessadas. Esta atividade gerará o artefato Documento de Visão que é de responsabilidade do PO.

No nível de time, com o cenário do que será implementado e a partir do *Backlog* do Programa, identificam-se os Casos de Uso (T1 - Identificar Casos de Uso). Segundo Kruchten [14], um Caso de Uso é uma sucessão de ações executadas por um sistema que rende um resultado observável de valor a algo ou alguém que interage com o mesmo. Os casos de uso precisam ser validados com o Especialista do Negócio para garantir sua exatidão. A partir dos Casos de Uso é desenvolvido o diagrama de Casos de Uso o qual será armazenado no *Backlog* do Time.

A atividade seguinte é planejar a *release* (PG5 – Planejar Releases) que consiste em fazer uma priorização das *Features* identificadas, estabelecendo uma ordem de melhor implementação do *software* de acordo com as necessidades do cliente e das restrições do time.

Após o planejamento da *release* e da identificação dos Casos de Uso, serão realizadas as atividades do subprocesso execução da Iteração (T2 - Executar Iteração), onde será feita a especificação dos Casos de Uso identificados gerando os artefatos da Descrição dos Casos de Uso, o Glossário, que fornece vocabulário comum acordado por todas as partes interessadas, e a Lista de Mensagens do Sistema, documento que registra todas as mensagens do *software* que são indicadas no documento de especificação dos casos de uso. O subprocesso Executar Iteração, é de responsabilidade do Time, está representado na Fig. 2.

Para este processo em específico, considera-se Iteração: um ciclo de tempo onde será feita a especificação de um conjunto de Casos de Uso e a sua prototipação que trará uma visão mais próxima da solução.

Ainda no nível de time é feito o planejamento das iterações onde a equipe deve estabelecer a ordem dos Casos de Uso, a quantidade de iterações e a duração de cada ciclo da iteração. Depois é feita a especificação dos Casos de Uso da Iteração (T2.1 - Especificar Casos de Uso) e estes devem ser validados com o Especialista do Negócio. Após a validação da especificação dos Casos de Uso, elabora-se o protótipo (T2.2 - Desenvolver Protótipo) trazendo uma visão mais próxima de como será a execução do conjunto de Casos de Uso. O protótipo deve ser validado com o Especialista do Negócio (T2.3 - Validar Protótipo) para averiguar se a proposta a ser feita está próxima ao esperado. Este processo de execução de

iterações é repetido até que todos os Casos de Uso estejam especificados e prototipados.

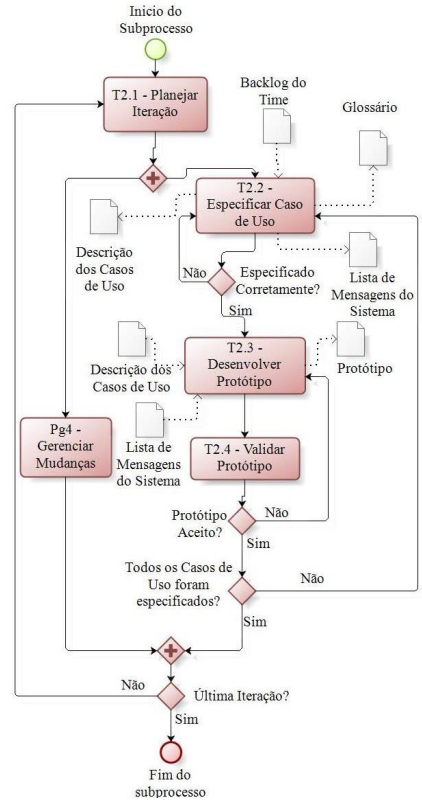


Figura 2. Subprocesso Executar Iteração

Em paralelo à execução do processo de gerenciamento de requisitos, existe a atividade de gestão de mudanças (PG5 - Gerenciar Mudanças), onde se registra as mudanças necessárias dos requisitos para que seja mantida a rastreabilidade das mesmas. A atividade está presente tanto no nível de Programa quanto no nível de Time.

VII. APLICAÇÃO DO PROCESSO NO CASO ESTUDADO

O processo proposto foi aplicado em um estudo de caso que propõe o desenvolvimento de um *software* para automação do processo de Planejamento da Contratação de Soluções de Tecnologia da Informação (PCSTI) da Secretaria do Governo de Brasília. Pretende-se automatizar o fluxo de documentos e informações do PCSTI.

Dois analistas de requisitos executaram o PDS proposto a fim de estabelecer o gerenciamento de requisitos do estudo de caso e de validar o processo híbrido. Conforme o PDS preceitua, iniciaram assim a execução no nível de portfólio, com o estabelecimento do tema de investimento e com o levantamento dos épicos identificaram dois épicos. A compilação dessas atividades gerou a primeira versão do *backlog* do programa.

Seguindo o processo, os analistas iniciaram então as atividades do nível Programa, e inicialmente a partir dos épicos levantaram cinco *features* que foram incrementadas no *backlog* do programa. A atividade subsequente foi a identificação dos requisitos não funcionais listando-se seis requisitos.

Posteriormente, os analistas executaram a atividade Construir Visão que compilou todas as informações geradas até então e desenvolveu o documento de visão, que agregou informações gerais referentes o sistema. A partir de então, os analistas executaram a atividade Identificar Casos de Uso que detectou doze casos de usos, gerando três artefatos o *backlog* do time, diagrama de casos de uso e diagrama de atores. Na versão inicial do PDS, conforme está na Figura 1, não era estabelecido o artefato diagrama de atores, entretanto no desenvolver dessa atividade identificou-se a necessidade de produzi-lo.

A atividade seguinte, Planejar *Release*, ocorreu no nível de programa. Foi planejada apenas uma *Release*, pois percebeu-se que não havia a necessidade de dividir em mais de uma *Release* a entrega de um protótipo. Para projetos futuros que terão como base este processo e o produto final for o *software* implementado, recomenda-se fazer o planejamento da *Release* levando em consideração a priorização das *Features*, pois depende da quantidade e complexidade das *Features* do *software* e depende também da estratégia que a equipe adotar no desenvolvimento pois a entrega poderá ser dividida em mais de uma *Release*.

Posteriormente avançaram para o subprocesso Executar Iteração. Esse subprocesso é um ciclo de atividades de planejamento, especificação e prototipação dos casos de uso.

A cada iteração os analistas planejaram os casos de usos a serem trabalhados e foram executas seis iterações. A partir da atividade Levantar *Features*, que ocorreu paralelamente até o final do processo a atividade Gerenciar Mudanças, ela possibilitou o controle de alterações das mudanças em artefatos e atividades.

VIII. RESULTADOS

A equipe de analistas da Secretaria assim como todos os envolvidos neste projeto constataram que a abordagem de gerenciamento de requisitos híbrida adotada no projeto, assim como as técnicas e práticas escolhidas são adequadas para o desenvolvimento de um novo PDS, em função principalmente das características do cliente e a formalidade exigida aos artefatos.

Pela abordagem híbrida escolhida, os resultados e a experiência obtida perante o desenvolvimento do projeto foram positivos, fazendo disso uma recomendação de uso da mesma e reutilização da abordagem em outros projetos do órgão.

Entretanto, houve algumas dificuldades na execução de algumas atividades específicas da abordagem, tais como a identificação e especificação dos Casos de Uso, pois interferiram no resultado das atividades diminuindo a produtividade e aumentando o tempo de execução, fazendo com que a equipe fizesse ajustes constantes no cronograma de execução do processo de gerenciamento de requisitos. Estes ajustes acarretaram em atraso na execução do processo, onde

algumas reuniões de validações com o cliente tiveram que ser adiadas.

Uma melhoria do processo identificada foi a inclusão da atividade Fazer Análise de Ponto de Função (APF). Ponto de Função é a medida do tamanho de um sistema sob o ponto de vista funcional do cliente, não depende de nenhuma característica do desenvolvimento de *software* podendo ser medido em projetos que adotam qualquer metodologia de desenvolvimento e/ou linguagem computacional [29].

A técnica da APF foi desenvolvida por meio de um estudo realizado por Allan Albrecht, com o intuito de mensurar o esforço de desenvolvimento de uma funcionalidade do *software* independente da linguagem computacional que foi utilizada [29].

Para esta proposta, a atividade Fazer Análise de Ponto de Função pode gerar um artefato que apresentará os resultados dessa análise feita sob os Casos de Uso. Portanto ao final de todo o processo, após a identificação de todos os Casos de Uso por meio de todas as técnicas de elicitação de requisitos aplicadas, inclusive a prototipação, será acrescentada ao processo esta atividade. A Fig. 3 apresenta o processo com a inclusão da atividade Fazer Estimativa de Pontos de Função e do artefato diagrama de atores.

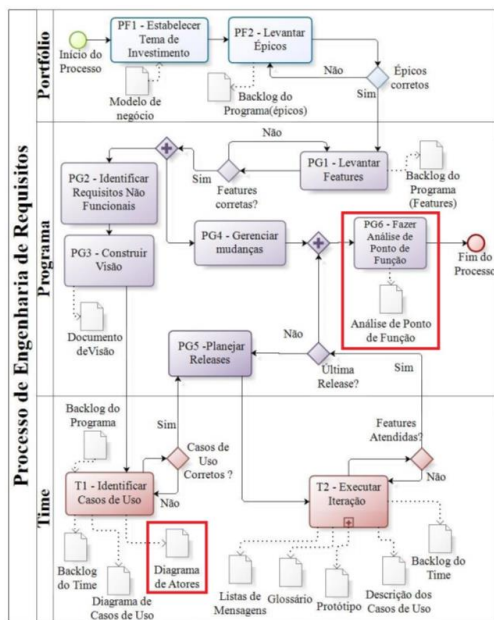


Figura 3. Melhoria do processo híbrido de gerenciamento de requisitos

Apesar das dificuldades expostas acima, elas não impediram a realização das atividades, e chegamos a um resultado satisfatório ao final da execução do projeto. A realização do estudo de caso foi uma oportunidade de grande amadurecimento, pelo fato da experiência de montagem de um organograma de processo repleto de atividades a serem tratadas para solucionar determinado problema.

O órgão aprovou a execução e os resultados apresentados por este projeto, que agora estão disponíveis no órgão para estudo de sua implementação.

IX. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contexto do desenvolvimento de *software* é complexo e suscetível a inúmeras variáveis. Observamos que adaptações são necessárias no processo de desenvolvimento, pois o contexto influencia diretamente no desenvolvimento, em particular no âmbito governamental.

Este trabalho apresentou uma proposta de metodologia híbrida de gerenciamento de requisitos para o processo de desenvolvimento de *software* de uma Secretaria do Governo de Brasília baseado nas metodologias SAFe e RUP, visando maior agilidade, qualidade e flexibilidade na produção de *software*.

O estudo de revelou resultados satisfatórios e teve o processo híbrido resultante validado pela Secretaria. No decorrer da execução desse projeto, identificou-se a possibilidade de melhorias no processo, sendo essas sugeridas e propostas numa segunda versão.

As técnicas de elicitação de requisitos definidas, a saber Análise Documental, Entrevistas e Prototipação, foram eficazes no levantamento de requisitos e atenderam todo o escopo sem a necessidade de acrescentar outras técnicas.

A importância da Análise Documental está na análise de processos logísticos que a secretaria possui documentado, além de modelos de artefatos que são desenvolvidos na execução destes processos logísticos.

A técnica de Entrevista serviu para um melhor entendimento do contexto e da documentação, além de ter sido um meio de validação dos resultados que foram sendo obtidos até aquele momento da execução do processo.

A prototipação aproximou o cliente à proposta de desenvolvimento de *software* que o projeto estava proporcionando à Secretaria. Foram feitas reuniões de validações no decorrer das iterações e, a partir destas validações, foram percebidas melhorias que o protótipo podia ter e identificados alguns Casos de Uso que não tinham sido percebidos na aplicação das outras técnicas.

X. TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros propõe-se a criação de novos *templates* (modelo dos artefatos) para auxiliar, padronizar e prover celeridade na utilização do processo e um estudo aprofundado das técnicas a serem aplicadas em cada atividade. Além disso, com base nos resultados da pesquisa, propomos um processo híbrido de desenvolvimento de *software* completo abrangendo todas as fases do desenvolvimento de *software* para a secretaria do Governo do Distrito Federal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Alves, A. Alves, Engenharia de Requisitos em Metodologias Ágeis, 2008.
- [2] S. Ambler, *Agile Software Development at Scale*. IFIP European Conference on *Software Engineering Techniques*, Poznan, Poland, 2007.
- [3] K. Beck, M. Beedle, A. Bennekum, et al: *Manifesto for Agile Software Development*, 2001. Disponível em: <http://agilemanifesto.org/>. Acesso em: 15 dez 2015.
- [4] B. Boehm, W. Boehm, *A Spiral Model of Software Development and Enhancement*. IEEE Computer, 21, 5, pp. 61-72, 1988.
- [5] B. Boehm, R. Turner, *Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed*, Addison Wesley, Boston, 2004.
- [6] M. B. Chrissis, M. Konrad, S. Shrum, *CMMI-Guidelines for Process Integration and Product Improvement*. Addison-Wesley, 2a ed, 2003.
- [7] D. Cohen, M. Lindvall, P. Costa, *An introduction to agile methods*, in: M.V. Zelkowitz (Ed.), *Advances in Computers*, Advances in *Software Engineering*, vol. 62, Elsevier, Amsterdam, 2004.
- [8] F. Cruz, PMBOK e Scrum, como uni-los? *Revista Engenharia de Software Magazine*. Número 47. Abr, 2012.
- [9] T. DYBA, *Improvisation in Small Software Organizations*. *IEEE Software*, v. 17, n. 5, p. 82-87, 2000.
- [10] M. Fowler, *The New Methodology*, 2005. Disponível em: <http://www.martinfowler.com/articles/newMethodology.html>> Acesso em: maio, 2015
- [11] A. Fuggetta, *Software process: a roadmap*. Em: *Proceedings of the Conference on The Future of Software Engineering*, pp. 25–34, ACM, Limerick, Ireland, 2000.
- [12] C. A. Heuser, *Projeto de banco de dados. Série livros didáticos. 4ª edição*. Instituto de Informática UFRGS, Editora Sagra, 1998.
- [13] W. S. Humphrey, *Managing the Software Process*. Addison-Wesley, Boston, MA, USA, 1989.
- [14] P. Kruchten, *Introdução ao RUP – Rational Unified Process*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2003.
- [15] D. Leffingwell, *Agile Software Requirements: Lean Requirements Practices for Teams, Programs, and the Enterprise*. 5. ed. [S.l.]: Addison Wesley, 2011.
- [16] D. Leffingwell, *Scaling Software Agility*. Addison Wesley, 2006.
- [17] L. F. Machado, G. Santos, K.M. Oliveira, A. R. C. Rocha, Def-Pro: Apoio automatizado para Definição de Processos de *Software*, Em: *Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software*, João Pessoa, Brasil. pp. 359-362, 2000.
- [18] S. Nerur, R. Mahapatra, G. Mangalaraj, *Challenges of Migrating to Agile Methodologies*. *Communications of the ACM*, v. 48, n. 5, p. 72-78, 2000.
- [19] O. Pedreira, M. Piattini, M. R. Luaces, M.R., et al, *A systematic review of software process tailoring*. Em: *SIGSOFT Software Engineering Notes*. 32, 1–6, 2007.
- [20] S. L. Pfleeger, *Engenharia de Software: Teoria e Prática, 2ª Edição*, São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- [21] R. Ramsin, R. F. Paige, *Process-Centered Review of Object Oriented Software Development Methodologies*, *ACM Computing Surveys*, Vol. 40, No. 1, Article 3, 2008.
- [22] E. S. Raymond, *The Cathedral & the Bazaar*. O'Reilly Media, 2001.
- [23] SOFTEX: MPS-BR - Melhoria de Processo do *Software* Brasileiro – Guia Geral, 2011. Disponível em: <http://www.softex.br/mpsbr> > Acesso em: maio, 2015
- [24] I. Sommerville, *Engenharia de Software*. 8ª ed. São Paulo: Pearson, 2007.
- [25] C. A. Teixeira, N. H. L. Cukierman, Apontamentos para Enriquecer o Perfil do Engenheiro de *Software*. *Engenharia de Software*. XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação-XIIIIEI. Inisinos, São Leopoldo/RS, 2005.
- [26] V. M. Teles, *Extreme Programming: aprenda como encantar seus usuários desenvolvendo software com agilidade e alta qualidade*. Novatec Editora, 2004.
- [27] H. V. Vliet, *Software Engineering: Principles and Practice*; Wiley, 2007.
- [28] L. Williams, A. Cockburn, *Agile software development: it's about feedback and change*. *IEEE Computer*, v. 36, n. 6, p. 39-43, 2003.
- [29] M. S. PEREIRA., Proposta de um sistema de apoio ao processo de gestão de projetos de *software* numa empresa de Manaus. 2013.

Tratamiento de datos en reactores para la codigestión anaeróbica (instrumentación, adquisición)

Data processing reactor for anaerobic digestion (Instrumentation, acquisition)

David Rolando Suarez
Universidad Cooperativa de Colombia
Bogotá, Colombia
david.suarezm@campusucc.edu.co

Diana Janeth Lancheros-Cuesta
Universidad Cooperativa de Colombia
Bogotá, Colombia
diana.lancheros@campusucc.edu.co

José Ulises Castellanos Contreras
Universidad Cooperativa de Colombia
Bogotá, Colombia
jose.castellanos@campusucc.edu.co

Resumen -- La mayoría de los estudios científicos de tecnologías como la codigestión anaeróbica han estado centrados en materias primas; en su construcción, instrumentación, control y supervisión on-line de los reactores bajo la investigación de países desarrollados; lo cual realizar una investigación con elementos propios proveniente de países en vía de desarrollo ha sido muy poco estudiada. En el presente documento se presenta un análisis de la instrumentación, adquisición de señales, su tratamiento y una aplicación de un sistema de control. La selección de la instrumentación industrial se desarrolló en función de la posición de los reactores y la composición de la biomasa que para esta experimentación se piensa hacer con residuos de la industria de bebidas embotelladas de fruta, residuos orgánicos de la industria cacaoatera, lodos de depuradora, estiércol de cerdo y residuos sólidos urbanos.

Palabras claves - *biodigestor, temperatura, sensor, adquisición de datos.*

Abstract -- Most scientific studies of technologies such as anaerobic co-digestion have focused on raw materials, construction, instrumentation, control and monitoring on-line reactors; under investigation by developed countries which conduct research with elements from developing countries it have been very little studied. In this paper an analysis of the instrumentation, signal acquisition, processing and possible implementation of a control system is outlined. The selection of industrial instrumentation was developed based on the position of the reactors and the composition of the biomass

for this experimentation was going to do with industrial waste of bottled fruit drinks, organic waste from the cocoa industry, sewage sludge, pig manure and municipal solid waste.

Keywords - *biodigester, temperature sensor, data acquisition.*

I. INTRODUCCION

Los desarrollos industriales para el tratamiento de residuos están buscando minimizar la producción en el origen. Se hace por lo tanto necesario encontrar alternativas para la gestión y valorización de los residuos y su automatización para el control del proceso. Colombia tiene un potencial de biomasa que debe ser valorizado a través de proyectos viables que transfieran los conocimientos de las diferentes tecnologías disponibles a las industrias, para ello la experimentación debe estar bien controlada y supervisada. [1] El siguiente artículo describe los diferentes módulos que componen un biodigestor construido para el desarrollo de modelos empíricos para optimizar el desempeño técnico, económico y ambiental de procesos de codigestión anaeróbica ajustado a residuos orgánicos en Colombia. El biodigestor está compuesto por cuatro reactores, cada reactor tiene un sub sistema de calentamiento, un sub sistema de agitación y por último un sub sistema para el control del PH, cada variable es controlado mediante una interfaz web que recibe y envía información a cada sub sistema. Esto se logra mediante la implementación de un sistema Arduino, el cual cuenta con una interfaz Ethernet conectada a una red LAN. El artículo se encuentra distribuido de la siguiente forma: trabajos relacionados, metodología para el diseño y la instrumentación, diseño del biodigestor, diseño del sistema de monitoreo.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

Debido a la creciente necesidad de manejar los desperdicios y del consumo de biocombustibles, se ha tenido en cuenta la fabricación de biodigestores y aunque esto se viene desarrollando desde hace algunos años, para manejar las crisis energética y además sobre llevar el correcto manejo de desechos sólidos, por ejemplo productos agropecuarios.[7] En los siguientes párrafos se ilustrarán algunos proyectos que han implementado el uso de biodigestores en el proceso de codigestión anaeróbica.

Existen muchos países los cuales hacen uso de los procesos anaeróbicos para la producción de biogás, por ejemplo: en Alemania y Francia se hace uso del biogás como combustible para automotores. [8]

En Cuba se han desarrollado proyectos de investigación e innovación tecnológica. En este proyecto se instalaron 69 biodigestores y 52 plantas de producción en fincas agro-energéticas en las cuales se producen alimentos y energía. Con estos 69 biodigestores se generaron 600.060m³ biogás, los cuales fueron utilizados en el proceso de cocción de alimentos, producción de electricidad. [2] Para llevar a cabo el proyecto y tener un diseño óptimo se hizo uso de la herramienta Labview, la cual permite el diseño y programación del sistema de acuerdo a las necesidades del mismo. En Costa Rica, en el instituto tecnológico ICTR se desarrolló un sistema electrónico inalámbrico para el monitoreo y control de la producción, almacenamiento y compresión del biogás proveniente de un biodigestor. En este proyecto se plantearon procesos de investigación de como acelerar la descomposición de la materia prima por lo cual se realizó el análisis del parámetro matemático para estimar la producción del biogás, la productividad del metano; la cual está definida como cantidad de metano generado en unidad de tiempo con respecto a la materia. Se investiga en la influencia de los factores químicos en la productividad de un biodigestor como la combinación y adición de sustratos. Adicional se analizan los factores físicos que influyen en este proceso tales como: la temperatura, separación de sólidos entre otros. [1]

En Argentina se han realizados proyectos de investigación, los cuales tienen como objetivo la construcción de biodigestores para la producción de Biogases con el fin de sobrellevar la crisis energética pero también para fomentar el uso adecuado de residuos sólidos. Los autores del proyecto demostraron a través de modelos matemáticos la obtención de gas Metano en biodigestores con diferentes excrementos de animales y residuos agrícolas. [3]

III. DISEÑO Y LA INSTRUMENTACIÓN

Cuando se diseña, construye e instrumenta un equipo para la producción de biogás, uno de los principales atenuantes es el factor económico, en donde se afecta desde su tamaño del digestor, su tiempo de producción de gas, su proceso de descomposición y la adquisición de la totalidad de sus variables. En consecuencia, cuando se está eligiendo una planta de biodigestión, que para nuestro estudio es a nivel laboratorio, no necesariamente se piensa en el mayor rendimiento de gas o en una descomposición completa de la materia orgánica contenida; sino en los resultados fisicoquímicos obtenidos en la producción sea mucho o poco el gas. Si el objeto es lograr la descomposición completa de los elementos orgánicos, esto puede requerir de tiempos de prueba muy largos, y tanques de gran volumen. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es tener una óptima degradación a un costo económico aceptable. Lo primero fue determinar los reactores que se tienen en la industria por los fabricantes de equipos para laboratorio; por ejemplo el Reactor Universal "MINI-LAB REA-2000 BASIC UNIT" [4]. El cual puede operarse para diferentes pruebas químicas (Bioquímica, Biogénesis, Biosíntesis, Biotecnología, Cultivo Celular, Cultivo de tejidos, Destilaciones, Digestiones anaeróbicas, educación de procesos químicos, etc.).

Con este precedente se determina desarrollar un reactor que pueda prestar varios servicios, tomando como guía este tipo de reactor el cual presenta en su manual su montaje de planta [4]. Hay que tener en cuenta que no se está construyendo una planta para producir gas en donde se requiera una análisis de rentabilidad y de fases de ejecución del proyecto; aunque su escalización puede ser un resultado de la investigación.

Tipo de Reactor: De acuerdo con su fabricación y forma de realizar el proceso se determinó que el mejor tipo de reactor era para proceso discontinuo ya que durante la operación se pretende no hacer intercambio de materia con el exterior y se retira todo el contenido del reactor cuando la reacción se ha efectuado. En este proceso, las variables de temperatura, presión y generación de gas pueden variar a lo largo del tiempo de operación. Su control puede ser sencillo y es muy recomendable para escala experimental en laboratorios. Los reactores discontinuos, por lo general se construyen en forma de tanques cilíndricos uniformes provistos de agitador, con el objeto de obtener un buen grado de mezclado y una distribución de temperatura uniforme y un menor consumo de materiales en su construcción. [5]

IV. DISEÑO DEL BIODIGESTOR

La planta piloto está constituida por 4 reactores con una capacidad de 3 L de capacidad cada uno, en la parte superior tienen un agitador con una caja de reducción mecánica y a esta conectada un motor DC el cual puede controlar su giro y midiendo su corriente determinar su torque. Los reactores están montados sobre una estructura autoportante de acero inoxidable, provistos de un encamisado exterior por el que circulará el fluido de calentamiento (agua) para mantener el sistema a temperatura controlada; estos deben operar en los rangos psicofílico (temperatura ambiente), mesofílico (temperaturas en torno a los 35 °C), termofílico (temperaturas en torno a los 55 °C y máximo 70 °C). [5] El sistema de calentamiento dispondrá de un depósito de 60 L de agua calentado por una resistencia eléctrica. La temperatura en el depósito se medirá con un termopar o una PT100 y cada reactor también tendrá un sensor para medir su temperatura interna, todo este sistema se regulará mediante un controlador digital PID. El agua de calefacción será bombeada hacia las camisas con una bomba. El panel de adquisición y tratamiento de datos envía los datos a un estación remota vía internet, este debe ser confiable y de una gran robustez teniendo en cuenta la cantidad de señales a trabajar. Los niveles de señales deben cumplir con normas internacionales donde la mayoría de señales son de 4 a 20mA o de 0 a 10 Voltios. [9] . El esquema general del sistema de reactores se presenta en la Fig 1.

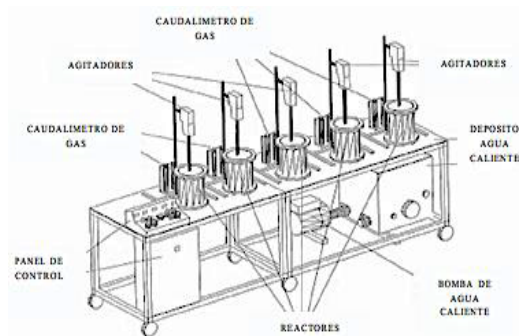


Fig. No. 1 Esquema de los reactores para la Codigestión [9]

Los reactores cuentan con la alimentación de agua caliente a sus camisas por la parte inferior, en la parte lateral tiene un orificio para la salida del efluente digerido

(punto de muestreo). En la parte superior cuenta con una orificio para que el biogás producido en cada reactor sea conducido desde la salida superior al caudalímetro de gas pasando por una trampa de humedad. La medición del volumen de biogás se realizará con contadores RITTER (MiligasCounter) Fig. 2, los cuales tendrán un rango de caudal de biogás entre 0 y 24 litros/día.



Fig. 2. Contadores de gas de marca RITTER [6]

Los reactores cuentan con un sistema de control de pH, este consta de un electrodo con membrana de vidrio y gel resistente a altas temperaturas (marca JUMO tecLine for HT) y su dosificación se hace a través de una bomba peristáltica (Watson-Marlow 101U/R) para la dosificación de solución 1M ácida/alcalina (Fig 3). El pH se controlará en el rango de 6-8 para una pareja de reactores y para los otros dos el rango se ampliará entre 5 y 8. La resolución del sistema de control debe permitir un control a nivel de 0.1 unidades de pH.

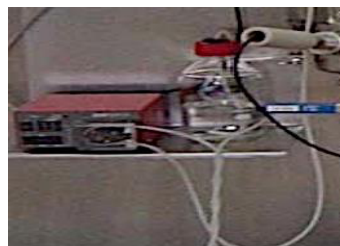


Fig. 3. Bomba peristáltica para el control de PH.

la influencia de esta variable en el proceso biológico. El sistema requiere un sensor de presión con una resolución de 30 mbar y una electroválvula como actuador.

La planta cuenta con un analizador de gases que fue facilitado por el grupo “Mecanismos de Desarrollo Limpio y Gestión Energética” de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá en cooperación de la red Internacional “PRIDERAS” a la cual pertenece la

universidad Cooperativa de Colombia y la Universidad Nacional de Colombia (Fig. 4) este permitirá determinar la composición del biogás: CO₂, CH₄, O₂ y H₂S e hidrógeno de ser posible.

Los rangos máximos de medición deberán estar entre:

- CO₂-70~100%
- CH₄-0~100%
- H₂S - 5000 ppm
- Hidrógeno 0 ≈ 100%
- O₂-0~25%

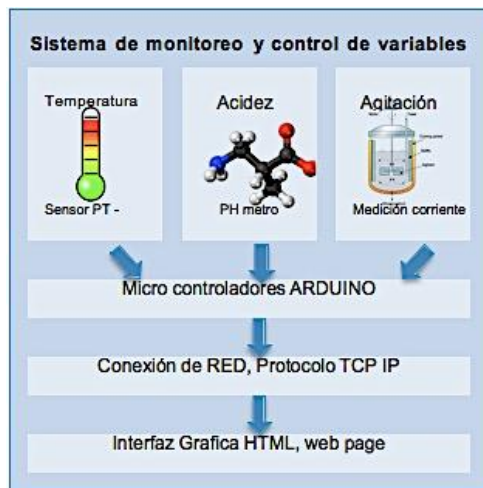


Fig. 4. Sistema de Analizadores de Gases. [6]

V. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DEL BIO DIGESTOR

El biodigestor tiene varios módulos incluidos en el sistema general, entre los cuales encontramos el sistema de temperatura, sistema de agitación y el sistema de medición del PH. Cada uno de estos sistemas recibe información de control pero a su vez envía información con el fin de monitorear cada proceso, por ejemplo, el sistema de temperatura recibe información con la cual se establece la temperatura que debe lograr cada uno de los reactores, sin embargo también envía información a través de los sensores de la temperatura actual de cada uno de los reactores. En la siguiente figura (Fig. 5) se puede apreciar cada uno de los sistemas que monitorean y establecen variables físicas como temperatura, acidez y agitación de las mezclas en los motores.

La Fig. 5 muestra en detalle la arquitectura del sistema de monitoreo y control, en él se puede apreciar las tres variables cada una de ellas tiene un sensor con el cual se toman los valores para cada variables en el caso de la temperatura se usa un PT-100, la cual fue previamente caracterizada y modelada a los rango de temperatura del bio digestor (5° - 35°). Para lograr la



temperatura el bio digestor cuenta con un sistema de calentamiento por agua que recubre las camisas de los reactores.

Fig. 5. Arquitectura del sistema de monitoreo y variables.

Por último, la variable de densidad es sensada a partir de la corriente suministrada a los motores del sistema de agitación. La fig. 5, también incluye información acerca de la siguiente parte de la arquitectura para el sistema de monitoreo y control de variables, la información suministrada por cada sensor es enviada y ajustada a los requerimientos en un sistema embebido, en este caso se seleccionó el Arduino como dispositivo para capturar dichas variables provenientes de los sensores.

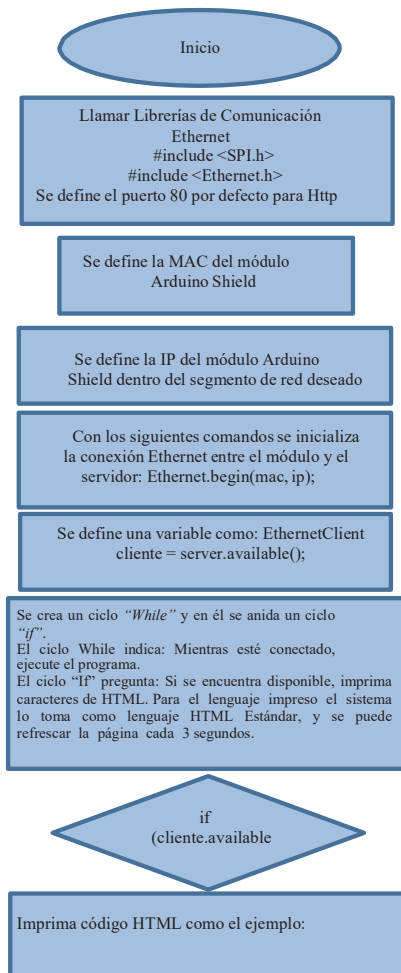
El Arduino tiene un módulo de conexión a través del puerto Ethernet, el cual es usado para enviar las señales a una red, el Arduino cuenta con una dirección IP la cual es publicada en una red LAN, dentro de la cual existe un computador con un servidor WEB el cual publica una página con los datos obtenidos por cada uno de los sensores y en la cual se pueden establecer los set point para cada variable.

- Sistema de temperatura

La información sensada por la PT-100 es enviada al sistema embebido Arduino, el cual digitaliza la información, a continuación se puede apreciar un diagrama de bloques, el cual muestra la rutina del algoritmo creado en Arduino. Posterior a realizar la conexión mediante la rutina de conexión por Ethernet se realiza el envío de información mediante esta interfaz.

Cada variable recibida por el Arduino es enviada a través del protocolo TCP IP a una red LAN, en la cual existe un servidor WEB, la publicación de los datos recibidos por el Arduino es realizado por una rutina la cual es mostrada en la Fig 6. Que describe la rutina seguida por el algoritmo, el cual usa las librerías Ethernet.h y SPI.h, por otro lado, utiliza el puerto 80 para atender todas las solicitudes realizadas por un navegador.

En la Fig. 7 se puede apreciar la arquitectura que describe el módulo de temperatura, se puede apreciar que el sensor PT100 convierte la cantidad de calor recogida y lo envía al Arduino como diferencia de potencias, el Arduino digitaliza esta información, la cual es enviada al servidor web instalado en un PC.



```
cliente.println("Refresh: 3");
```

Fig. 6. Diagrama de flujo del rutina en Arduino.

El siguiente es el código realizado en Arduino, el cual recibe datos desde el sensor PT 100 y lo envía al módulo de conexión de red:

```
#include
<SPI.h>
#include
<Ethernet.h>
// Introduzca una dirección MAC y la dirección IP para el
controlador
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE,
0xED };
IPAddress ip(192,168,0,30); // Esta dirección IP debe estar
relacionada con el segmento de red // Se estructura dependiendo área
Local
// Por otra parte es la que se usa para la conexión a través del
Navegador. EthernetServer server(80); // Puerto 80 por defecto para
HTTP

void
setup() {
Ethernet.begin(mac, ip); //inicializa la conexión Ethernet y el
servidor server.begin();
}void loop() {EthernetClient cliente = server.available(); //
Inicializa el cliente como servidor Ethernet
if
(client
e) {
boolean currentLineIsBlank = true;
while (cliente.connected()) {
if (cliente.available()) {
char c = cliente.read();
if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {
cliente.println("HTTP/1.1 200 OK");
cliente.println("Content-Type: text/html"); // Envía el
encabezado en código HTML estándar/ cliente.println("Connection:
close");
cliente.println("Refresh: 3"); // refresca la página
automáticamente cada 3 segundos
cliente.println();
cliente.println("<!DOCTYPE
HTML>");
cliente.println("<html>");
cliente.println("<HEAD>");
cliente.println("<TITLE>Ethernet Monitor</TITLE>");
cliente.println("</HEA
D>");
cliente.println("<BODY
>");
cliente.println("<hr
/>");
cliente.println("<H1>Conexion Arduino OK
</H1>"); cliente.println("<br/>");
cliente.println("<H2>Monitoreando a A0
</H2>"); cliente.println("<br/>");
cliente.println("Lectura Analoga Ethernet:");
cliente.println("<br/>");
cliente.println("<br/>");
for (int puertoAnalogo = 0; puertoAnalogo < 1; puertoAnalogo++)
{
int lecturaSensor = analogRead(puertoAnalogo); // Lee los 2
puertos
análogos de A0 a A1
cliente.print("Entrada
Analoga ");
```

```

cliente.print(puertoAnalogo);
cliente.print(" = ");
cliente.print(lecturaSensor);
cliente.println("<br />");
} cliente.println("<br />");
cliente.println("</html>"); break
if (c == 'n') {
currentLinesBlank = true;
else if (c != 'r') {
currentLinesBlank = false } }
delay(15); // Da tiempo al Servidor para que reciba los datos
15ms cliente.stop(); // cierra la conexión }}

```

- Sistema de Agitación

El sistema de agitación está constituido por un servomotor, con capacidad de ¼ de caballo de potencia, el cual tiene un driver provisto para su control. Adicionalmente el sistema de agitación tiene una paleta con 4 aspas que logran una profundidad dentro del reactor de 15 centímetros. La función principal del sistema de agitación es mezclar la biomasa que se encuentra en el reactor.

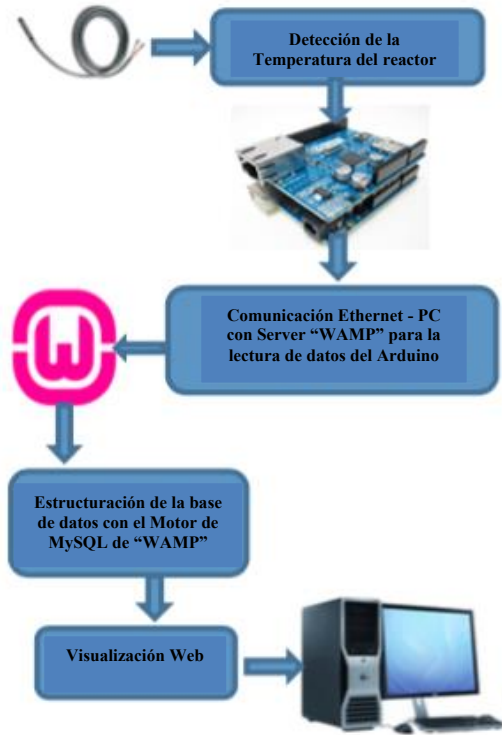


Fig. 7. Arquitectura del sistema de monitoreo de temperatura.

También se puede medir el consumo de corriente para conocer la viscosidad de la biomasa. Este último

proceso es necesario caracterizar linealizar el consumo de corriente para determinar la viscosidad de la biomasa. La Fig. 8 describe la rutina realizada en Arduino para el manejo y control de los servomotores.

El proceso de monitoreo y control en el sistema de agitación se establece a partir del control lógico mediante una rutina en Arduino, los cuales permiten por medio de coordenadas del pulso PWM realizar el control del movimiento. Para realizar las pruebas se hizo necesario truncar el servomotor de tal manera que este pudiera girar 360°.

Se puede observar que las coordenadas para controlar la velocidad de giro deben estar entre 90° y 0°, debido a que el motor solo deberá girar hacia el lado derecho. Siendo 90 la coordenada para detener el movimiento y 0° la velocidad máxima a la cual girara el motor.

El sistema cuenta con una tarjeta Ethernet shield W5100 la cual permite realizar la interfaz y código de programación directamente desde el entorno de programación de Arduino.

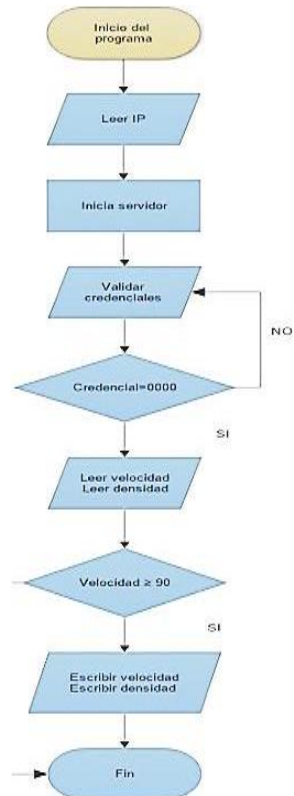


Fig. 8. Manejo y control de los servos.

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Las condiciones cambiantes del clima en el mundo, exigen el diseño y desarrollo de elementos o dispositivos automatizados que contribuyan al sostenimiento ambiental. Se presentó el análisis, diseño de un biodigestor, que permite la producción de biogás y el manejo de desechos.

El diseño presentado tiene características de bajo gasto instrumental y la implementación óptima de un sistema de tratamiento de datos, con el fin de monitorear en tiempo real las variables del sistema.

Como trabajo futuro se deben realizar validaciones para determinar la recepción de los datos y la simulación en tiempo real.

VII. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de los grupos de investigación, Automatización Industrial e Induspymes de la Universidad Cooperativa de Colombia durante la ejecución; así mismo, agradecen a los investigadores de la Universidad Santo Tomas por sus aportes y a Colciencias mediante su proyecto "DESARROLLO DE MODELOS EMPÍRICOS PARA OPTIMIZAR EL DESEMPEÑO TÉCNICO, ECONÓMICO Y AMBIENTAL DE PROCESOS DE CODIGESTIÓN ANAERÓBICA AJUSTADOS A RESIDUOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA", Aprobado en la convocatoria 669-2014 para apoyar proyectos de investigación y desarrollo en ingenierías - 2014.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Rivas Solano, Olga; Faith Vargas, Margie; Guillén Watson, Rossy. Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados con su productividad. *Tecnología en Marcha*, Vol. 23, N.º 1, Enero-Marzo 2010, P. 39-46d
- [2] CEPERO, L et al. Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. *Pastos y Forrajes* [online]. 2012, vol.35, n.2 [citado 2016-04-12], pp. 219-226 Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0864-0394.
- [3] P.G.d.l. Nación, Informe Seguimiento Gestión de Residuos Sólidos en Colombia, in: D.p.A.A.y. Agrarios (Ed.), 2004
- [4] N. Sogari. Cálculo de la producción de metano generado por distintos restos orgánicos. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Argentina. 2003.
- [5] J. Mata-Alvarez, J. Dosta, S. Macé, S. Astals, Codigestion of solid wastes: A review of its uses and perspectives including modeling, *Crit. Rev. Biotechnol.*, 31 (2011) 99-111.
- [6] J. U. Castellanos , «Evaluar la aplicación de un sistema de control basado en Redes Neuronales, para el proceso de gasificación con aire u oxígeno del reactor de lecho fijo del laboartorio de plantas térmicas y energías renovables,» Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2012.
- [7] Vera-Romero Iván, Martínez-Reyes José, Estrada-Jaramillo Melitón, Ortiz-Soriano Agustina, Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino, *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, Volume 15, Issue 3, July–September 2014, Pages 429-436, ISSN 1405-7743.
- [8] Appels L, Lauwers J, Degre`ve J, Helsen L, Lievens B, Willems K, et al. Anaerobic digestion in global bio-energy production: potential and research challenges. *Renew Sustain Energy Rev* 2011; 15:4295–301
- [9] M. A. Hernández P. "Use of coffee mucilage as a new substrate for hydrogen production in anaerobic co-digestion with swine manure". En: *Reino Unido Bioresource Technology* ISSN: 1873-2976 ed: v.NA fasc.NA p.NA - ,2014

Validação de uma Escala de Avaliação de Usabilidade para Produtos ou Serviços *Ambient Assisted Living* de Acordo com a Perspetiva do Avaliador

Validation of a Usability Evaluation Scale for Ambient Assisted Living Products or Services According to the Evaluator's Perspective

Ana Isabel Martins

Instituto de Engenharia Eletrónica e Informática de Aveiro,
Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
anaisabelmartins@gmail.com

Anabela G. Silva

CINTESIS.UA
Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
asilva@ua.pt

Alexandra Queirós

Instituto de Engenharia Eletrónica e Informática de Aveiro
Escola Superior de Saúde da Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
alexandra@ua.pt

Nelson Pacheco Rocha

Instituto de Engenharia Eletrónica e Informática de Aveiro,
Departamento de Ciências Médicas, Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
npr@ua.pt

Resumo — Enquadramento: devido aos desafios relacionados com o atual envelhecimento demográfico, o *Ambient Assisted Living* pode potenciar soluções eficazes para responder às necessidades dos cidadãos; entre outros fatores, a usabilidade é uma questão relevante para a aceitação dos produtos ou serviços *Ambient Assisted Living*. Objetivo: o objetivo deste estudo é a validação de um instrumento, suportado pelo modelo conceptual da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde, para a avaliação de usabilidade de produtos ou serviços *Ambient Assisted Living* considerando a opinião do avaliador sobre o desempenho dos utilizadores. Métodos: foi realizado um estudo observacional envolvendo uma amostra de 30 participantes. Resultados: os resultados sugerem valores adequados para a fiabilidade e validade do novo instrumento; adicionalmente, verificou-se que os resultados apresentam uma correlação estatisticamente significativa com a avaliação do desempenho do utilizador. Conclusão: o presente estudo sugere que este novo instrumento pode ser uma ferramenta útil para a avaliação de usabilidade de produtos ou serviços *Ambient Assisted Living*.

Palavras Chave – *Ambient Assisted Living*; Avaliação de Usabilidade; Funcionalidade Humana.

Abstract — Background: due to the challenges related to actual demographic ageing, *Ambient Assisted Living* emerges as a potentially effective solution to answer the needs of citizens; among other factors, usability is a relevant issue for the acceptance of *Ambient Assisted Living* products or services. Objective: the objective of this study is to validate an instrument, supported by the conceptual model of the International Classification of Functioning, Disability and Health, to evaluate the usability of *Ambient Assisted Living* products or services considering the opinion of the evaluator on the performance of the user. Methods: an observational study was setup involving a sample of 30 participants. Results: the results suggest appropriate values for the reliability and validity of the new instrument; additionally, it was found that the results present a statistically significant correlation with the evaluation of the user performance. Conclusions: the present study indicates that the new instrument can be a useful tool for the usability evaluation of *Ambient Assisted Living* products or services.

Keywords - *Ambient Assisted Living*; Usability Evaluation; Human Functioning.

I. INTRODUÇÃO

A visão do paradigma envelhecimento ativo é a de proporcionar uma expectativa de vida saudável, autônoma, independente e com qualidade de vida à medida que as pessoas envelhecem, não esquecendo aquelas que são mais frágeis, fisicamente incapacitadas ou que necessitam de cuidados [1-3]. O termo ativo não diz respeito somente à capacidade de estar fisicamente ativo ou exercer uma ocupação, mas também à participação contínua nas questões sociais, econômicas, culturais, civis ou espirituais.

Neste contexto, as soluções tecnológicas têm um papel fundamental para a promoção da funcionalidade humana e para a atenuação das incapacidades, em particular as resultantes do processo natural de envelhecimento. Tal perspectiva está bem patente no desenvolvimento de produtos e serviços *Ambient Assisted Living* (AAL) [4].

A. *Ambient Assisted Living*

O AAL está relacionado com ambientes digitais com inteligência ubíqua e não obstrutiva [5] organizada para suportar uma gama ampla de produtos ou serviços que têm como objetivo o de prolongar o tempo que as pessoas idosas podem manter-se nos seus domicílios [4].

É claro que as soluções tecnológicas não poderão satisfazer na totalidade as necessidades das pessoas idosas (nem tão pouco poderão substituir os necessários cuidados humanos), mas poderão contribuir para minimizá-las, através de aplicações especializadas como, por exemplo, uma solução eletrônica de compras em linha ou um dispositivo para orientação na mobilidade ou para suportar o autocuidado [6].

Os produtos ou serviços AAL podem também contribuir para a segurança da pessoa idosa (por exemplo, dispositivos de alarme) e, consequentemente, para o controlo de situações do seu quotidiano [6]. Ainda em termos de capacitação da pessoa idosa, as soluções AAL também podem contribuir para a prevenção da doença e promoção da saúde, disponibilizando mecanismos que auxiliem a ultrapassar situações problemáticas como, por exemplo, as decorrentes de doenças crónicas [4, 7].

Os contextos de utilização do AAL são muito variados podendo ir desde a utilização de dispositivos tecnológicos simples à combinação de soluções complexas. Para que tal seja possível é necessário integrar múltiplas tecnologias e garantir que estas se adequam aos seus utilizadores [8].

Assim, é fundamental validar e avaliar os produtos ou serviços AAL. Só através dessa avaliação se poderá aferir a adequação dos serviços ou produtos aos seus utilizadores, identificando problemas e desenvolvendo orientações de melhoria [9]. Adicionalmente, é importante realçar que não se deve avaliar apenas a adaptação da tecnologia ao utilizador, mas também às atividades a serem realizadas ou à participação que se pretende promover e, adicionalmente, ao contexto em que a utilização ocorre [10].

As soluções AAL, pela sua natureza e porque lhes estão associadas novas formas de interação entre a pessoa e os dispositivos tecnológicos, quer explícitas, quer implícitas, são muito exigentes em termos de usabilidade, a qual é dependente da funcionalidade humana.

B. *Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde*

Uma terminologia formal capaz de caracterizar a funcionalidade humana constitui um grande desafio, até porque ainda existe uma grande ambiguidade conceptual neste campo, mais que não seja devido à multiplicidade de conceitos existentes [11, 12].

O declínio da funcionalidade constitui um problema comum às pessoas idosas e está associado às alterações relacionadas com a idade, condições de saúde ou fatores sociais [13]. Quando o declínio é muito expressivo, existe uma diminuição da reserva funcional, tornando a pessoa idosa mais vulnerável ao aparecimento de doenças crónicas [14], ameaçando a sua autonomia e independência e, consequentemente, a sua qualidade de vida.

Tradicionalmente, a capacidade funcional de uma pessoa refere-se à forma como ela realiza um conjunto de ações necessárias às atividades de vida diária e à participação, isto é, ao envolvimento em situações de vida como, por exemplo, interações sociais ou de lazer [15].

A *International Classification of Functioning, Disability and Health* (ICF), em português Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde [16], aprovada na 54.^a Assembleia Mundial da Saúde, em 2001, tenta fornecer uma visão biopsicossocial coerente sobre a saúde e os estados de saúde [17]. O próprio título reflete a prioridade dada à funcionalidade como um componente da saúde em detrimento das consequências das doenças. Adicionalmente, a nomenclatura utilizada dá um enfoque positivo às funções do corpo, às atividades e à participação [16, 18].

A ICF não classifica as pessoas, mas antes interpreta as suas características, nomeadamente, as estruturas e funções do corpo, incluindo as psicológicas, as atividades e a participação, e as características e influências do meio envolvente (isto é, fatores contextuais, quer fatores pessoais, quer fatores ambientais), o que permite descrever os respetivos estados funcionais. Assim, o modelo da ICF enfatiza menos o indivíduo como uma pessoa com deficiência, mesmo que temporária, e mais os componentes que favorecem ou dificultam a execução de atividades ou participação. A funcionalidade e incapacidade de uma pessoa são consideradas como resultado de uma interação dinâmica, entre as condições de saúde e os fatores contextuais [19].

A ICF faz um deslocamento paradigmático da doença para a saúde e permite compreender o conceito de saúde ou estados relacionados com a saúde num contexto específico [17]. Com esta mudança de paradigma, a doença deixa de ser vista como a única responsável pela incapacidade e desvantagem, mas sim como um dos múltiplos fatores influenciadores da saúde, à semelhança dos fatores contextuais, quer sejam pessoais, quer sejam ambientais [16]. Nesta visão multidimensional os fatores pessoais e ambientais, ou seja o mundo físico e social envolvente (incluindo os serviços tecnológicos como os associados ao AAL) são tão importantes quanto as funções e estruturas do corpo [11, 17].

Considerando que a utilização de produtos ou serviços AAL tem como objetivo melhorar o desempenho individual na

realização de atividades e facilitar a participação, então os produtos ou serviços AAL são, à luz da ICF, fatores ambientais que influenciam a funcionalidade.

De acordo com o modelo subjacente à ICF, diferentes ambientes podem ter um impacto distinto sobre pessoas com uma mesma condição de saúde. Um ambiente com ou sem barreiras pode limitar ou facilitar o desempenho individual [16]. Desta forma, o meio em que as pessoas vivem e conduzem as suas vidas tem uma influência direta sobre a funcionalidade e, neste sentido, esta poderá ser potenciada pela existência de produtos ou serviços AAL que se adequem às características individuais.

C. Objetivo

A ICF é um modelo enquadrador que potencia uma abordagem multidisciplinar e holística, coloca a pessoa no centro da avaliação/intervenção, enfatiza a funcionalidade e o impacto dos fatores ambientais, e possibilita a consolidação de terminologias, conceitos e resultados [16].

As soluções AAL, pela sua natureza, são muito exigentes em termos de usabilidade e a sua avaliação, que consiste em ciclos interativos de conceção, prototipagem e validação [20, 21], constitui uma parte muito importante no processo global de desenvolvimento dos mecanismos de interação disponibilizados aos utilizadores.

A usabilidade de produtos ou serviços AAL é um fator ambiental que condiciona a utilização desses mesmos produtos ou serviços. Assim, é fundamental considerar, por um lado, a funcionalidade humana e os fatores ambientais que a condicionam (que podem ser discriminados como facilitadores ou barreiras) e, por outro, conceitos padronizados que forneçam uma linguagem comum a todas as partes interessadas [22], pelo que a ICF pode ter um papel importante na validação e avaliação de produtos ou serviços AAL em geral e, em particular, na avaliação da sua usabilidade.

Neste contexto, o estudo reportado no presente artigo teve como propósito averiguar a adequação de um instrumento autoadministrado, baseado no modelo conceptual associado à ICF, que designámos por *ICF based Usability Scale I* (ICF-US I), para avaliar a usabilidade de produtos ou serviços AAL, considerando a opinião do avaliador sobre o desempenho do utilizador. O seu desenvolvimento foi motivado pelos desafios associados à avaliação de um serviço AAL com mecanismos de interação multimodais [23].

II. METODOLOGIA

A ICF-US I, representada na Tabela 1, é constituída por um conjunto de itens associados a diferentes princípios de usabilidade.

A chave de resposta da ICF-US I baseia-se nos qualificadores da ICF para os fatores ambientais (facilitadores e barreiras) e todos os itens são pontuados num intervalo de -3 a 3, sendo o valor 3 a resposta mais positiva e o valor -3 a menos positiva (ver Tabela 2).

TABELA 1 - ITENS DA ICF-US I

	Como classificaria a aplicação quanto:
1.	À facilidade de utilização.
2.	Ao grau de satisfação com a sua utilização.
2.	À facilidade de aprendizagem.
4.	À obtenção dos resultados esperados.
5.	À semelhança da forma de funcionamento nas diferentes tarefas.
6.	À possibilidade de interagir de várias formas.
7.	Ao entendimento das mensagens apresentadas.
8.	Às respostas da aplicação às suas ações.
9.	Ao saber o que estava a acontecer na aplicação durante a sua utilização.
10.	Globalmente, considero que a aplicação foi...

TABELA 2 - CHAVE DE RESPOSTA DA ICF-US I

Barreira			Facilitador		
Grande -3	Média -2	Pequena -1	Pequeno 1	Médio 2	Grande 3

Se um participante não responder a um item ou o classificar como NA (não aplicável), então a esse item é atribuído o valor da média dos restantes, arredondado às unidades. A pontuação final da ICF-US I é calculada através da soma das pontuações dos itens da escala. Um valor acima de 10 é considerado boa usabilidade e inferior a 10 é considerado que existe possibilidade de melhoria.

Um estudo anterior [24], que obedeceu a orientações estabelecidas internacionalmente [25], demonstrou que a ICF-US I quando utilizada para a avaliação de usabilidade autopercebida (isto é, quando preenchida tendo em conta a opinião do utilizador) de produtos ou serviços AAL é fiável e apresenta uma validade de constructo quando correlacionada com os resultados da aplicação do *Post-Study System Usability Questionnaire* (PSSUQ) [26] e da *System Usability Scale* (SUS) [27].

O presente artigo reporta um estudo observacional realizado para verificar:

- Se a ICF-US I é adequada para a avaliação da usabilidade de produtos ou serviços AAL refletindo a opinião do avaliador com base na observação da interação do utilizador com o produto ou serviço, em vez da usabilidade autopercebida.
- E se quando a ICF-US I é utilizada para a avaliação da usabilidade de produtos ou serviços AAL refletindo a opinião do avaliador apresenta correlação e concordância com a informação recolhida através de

técnicas de avaliação de usabilidade baseadas na avaliação do desempenho do utilizador.

O estudo observacional foi feito numa instituição de solidariedade social durante o mês de Dezembro de 2014 e teve por base uma aplicação de televisão interativa de apoio aos cuidados de saúde no domicílio desenvolvida no âmbito do projeto AAL4ALL [28].

Para efetuar o estudo observacional recorreu-se a uma amostra de conveniência que obedeceu aos seguintes critérios de inclusão: ter idade igual ou superior a 18 anos, saber ler, e ser capaz de compreender e assinar o consentimento informado. O único critério de exclusão foi a presença de limitação nos movimentos finos dos membros superiores que impossibilitasse a utilização de aplicações informáticas convencionais.

A recolha de dados incluiu a aplicação de instrumentos de avaliação da usabilidade (a ICF-US I e o PSSUQ), o registo do desempenho do utilizador (isto é, o sucesso ou insucesso na realização das tarefas, o tempo de execução das tarefas em segundos e o número total de erros), contou com a participação simultânea de um avaliador e de um observador e teve a seguinte estrutura:

- Introdução - o avaliador aplicou um questionário sociodemográfico e de seguida entregou um guião da sessão, explicando oralmente toda a informação nele contida.
- Teste - o utilizador executou as tarefas descritas no guião da sessão. Simultaneamente o observador registou o desempenho do utilizador numa grelha de avaliação de desempenho.
- Entrevista e avaliação do utilizador - o avaliador aplicou o questionário PSSUQ e realizou uma entrevista final.
- Avaliação do avaliador - o avaliador preencheu a ICF-US I de acordo com a sua opinião.

No preenchimento da ICF-US I foi o avaliador a decidir o qualificador a atribuir em cada item dos instrumentos baseando as suas respostas na observação da interação do utilizador com o sistema e na entrevista feita para esclarecer as questões em que surgiram dúvidas. Por exemplo, se durante o teste um utilizador demonstrou sentimentos de frustração, desagrado e confusão, então o avaliador tinha elementos suficientes para qualificar o item relacionado com o grau de satisfação com a utilização da aplicação sem ter de questionar o utilizador. Se tal não aconteceu, o avaliador poderia utilizar a entrevista para recolher informação para fundamentar a atribuição de um qualificador.

A validade de constructo foi avaliada através da correlação entre a ICF-US I e o PSSUQ. Adicionalmente, os resultados da aplicação da ICF-US I foram correlacionados com os registos de desempenho.

Para estas análises, efetuadas com a *Statistical Package for the Social Sciences*, considerou-se o coeficiente de correlação

de Spearman, tendo sido estabelecido um nível de significância de $p < 0.05$.

Apesar de os dados recolhidos no estudo observacional não serem de natureza sensível consideraram-se os princípios subjacentes à Declaração de Helsínquia [29], pelo que foram solicitados os pareceres e as autorizações necessárias, todos os dados recolhidos foram anonimizados e todos os participantes assinaram o consentimento informado que fazia parte do protocolo de recolha de dados.

III. RESULTADOS

Das 33 pessoas inicialmente selecionadas para o estudo, 3 foram excluídas por não cumprirem os critérios de inclusão. A amostra, totalmente feminina, apresentou uma média de idades de 58 anos ($dp = 3.3$) sendo que a idade máxima foi de 67 anos e a mínima de 54 anos (ver Tabela 3).

No que diz respeito ao nível de escolaridade, a maioria (12 participantes) tem o equivalente ao 4º ano, seguindo-se o 7º ano (9 participantes), o 5º ano (5 participantes) e finalmente o 12º ano e a licenciatura (ambos com 2 participantes).

TABELA 3 - CARATERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Participantes - n		30
Género - n (%)	Feminino	30 (100)
	Masculino	0 (0)
Idade	Media (dp)	58 (3.3)
	Min - Max	54 - 67

Das 30 participantes, 28 utilizam telemóvel, sendo que dessas, 26 têm um telemóvel simples e apenas 2 têm *smartphones*. No que diz respeito à utilização de computador, apenas 11 utilizam, mas muito esporadicamente e com ajuda.

A correlação da ICF-US I com o PSSUQ ($r=-0.75$) é estatisticamente significativa, bem como a correlação da ICF-US I quer com o sucesso ($r=0.74$), quer com o número de erros ($r=-0.72$) na realização das tarefas (ver Tabela 4). Para a correlação com o sucesso e com o número de erros foram considerados, respetivamente, o número de tarefas que foram realizadas corretamente e o número de erros cometidos durante a realização de todas as tarefas.

A ICF-US I apresenta uma forte correlação negativa com o PSSUQ, pois quanto maior a pontuação da ICF-US I menor será a pontuação na PSSUQ, na qual valores mais baixos indicam melhor usabilidade. Analogamente, a correlação da ICF-US I com o número de erros também é negativa pois quanto maior for a pontuação da ICF-US I menor será o número de erros.

Apesar do tempo de execução ter sido recolhido, este foi não foi considerado nas análises porque existiram outros condicionantes que influenciaram o tempo demorado em cada tarefa, nomeadamente o tempo de atraso da rede de comunicação.

TABELA 4 - CORRELAÇÃO DA ICF-US I COM O PSSUQ E COM O DESEMPENHO

	Correlação com a ICF-US I
PSSUQ	-0.75 (p < 0.05)
Desempenho (sucesso/insucesso)	0.74 (p < 0.05)
Desempenho (número de erros)	-0.72 (p < 0.05)

IV. DISCUSSÃO

Os resultados alcançados permitem constatar que quando o preenchimento da ICF-US I é feito com base na opinião de um avaliador, existe uma forte correlação com as medidas objetivas de avaliação de usabilidade, nomeadamente a medição do sucesso e número de erros no desempenho das tarefas.

Assim, a ICF-US I, para além de ser uma medida válida e fiável para avaliação da usabilidade autopercibida de produtos ou serviços AAL, quando preenchida para refletir a opinião do avaliador é tão rigorosa como outras medidas de avaliação objetiva, cuja implementação exige recursos adicionais, nomeadamente a presença de observadores.

Tal permite ultrapassar uma dificuldade relatada na literatura, relacionada com o facto de a opinião dos utilizadores, recolhida através do preenchimento de escalas genéricas de usabilidade, não espelhar plenamente o seu desempenho [30].

Numa situação ideal para cada avaliação de usabilidade deveria existir um avaliador e um observador, por uma questão de redundância de informação, mas principalmente para a obtenção de medidas de desempenho. No entanto, se tal não for viável, ao ser utilizada a ICF-US I para avaliar a usabilidade refletindo a opinião do avaliador, é possível obter dados concordantes com a avaliação do desempenho, eliminando assim a necessidade de um observador para além do avaliador.

V. CONCLUSÃO

Os resultados sugerem valores adequados para a fiabilidade e validade da ICF-US I de acordo com a perspetiva do avaliador, o que indica que este instrumento pode ser uma ferramenta útil para a avaliação de usabilidade de produtos ou serviços AAL.

Os bons resultados da ICF-US I levaram à criação de um *Manual de Aplicação da ICF-US I*, com o objetivo de normalizar procedimentos e garantir que o modo de preenchimento seja, tanto quanto possível, independente dos avaliadores. O referido manual contém as regras de codificação e é um guia detalhado de qualificação. Para tal é feita uma descrição dos aspetos aos quais os avaliadores devem estar atentos para qualificar adequadamente cada um dos itens da escala.

A principal vantagem de usar a ICF-US I em detrimento de outras escalas de avaliação de usabilidade está relacionada com o facto de a ICF-US I estar baseada num modelo conceptual suportado por conceitos e terminologias estabelecidos pela

Organização Mundial de Saúde, o que significa que são universalmente aceites. Tal pode facilitar a consolidação de conhecimento, o que é essencial para promover o planeamento estratégico, a inovação tecnológica e o envolvimento de diferentes partes interessadas nos diferentes ciclos de conceção e desenvolvimento de produtos ou serviços AAL.

Uma das limitações do estudo relaciona-se com o facto de a amostra ser totalmente feminina. No futuro, providenciar-se-á a realização de um estudo experimental com uma amostra mais numerosa e diversificada.

Também em termos de trabalhos futuros, está a ser considerada a validação da versão inglesa da ICF-US I bem como a definição e validação de um segundo instrumento de avaliação de usabilidade baseada na ICF, a ICF-US II. O principal objetivo deste desenvolvimento é o de providenciar um instrumento que seja capaz de recolher informação adicional para perceber o que deve ser modificado (barreiras) e o que pode ser estabelecido como uma boa prática (facilitadores).

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi parcialmente financiado por Project QREN Nº 13852 I&D «AAL4ALL – Ambient Assisted Living for All», UI 127/94 – IEETA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- World Health Organization, "Active Ageing: A Policy Framework. A contribution of the World Health Organization to the second United Nations World Assembly on Aging," Genebra, 2002.
- World Health Organization, "Growing older - Staying Well. Ageing and physical activity in everyday life," Genebra, 1998.
- World Health Organization, "Health Promotion Glossary," Genebra, 1998.
- A. Queirós, A. Silva, J. Alvarêhã, N. P. Rocha and A. Teixeira, "Usability, accessibility and ambient-assisted living: a systematic literature review," *Universal Access in the Information Society*, vol. 14, no. 1, pp. 57-66, 2015.
- V. Moutzi and C. Wills, "Utilizing Living Labs Approach for the Validation of Services for the Assisting Living of Elderly People," 3rd IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies, 2009.
- E. Ochoa, "Persona - PERceptive Spaces prOmoting iNdependent Aging - Report Describing Values, Trends, User Needs and Guidelines for Service Characteristics in the AAL Persona Context," Bruxelas, 2008.
- A. Queirós, S. Carvalho, J. Pavão and N. Rocha, "AAL information based services and care integration," *Proceedings of the International Conference on Health Informatics - HealthInf 2013*, pp. 403-406, 2013.
- G. Broek, F. Cavallo, L. Oddetti, and C. Wehrmann, "Ambient Assisted Living Roadmap," VDI/VDE-IT AALIANCE Office, Berlin, 2009.
- A. Hoppe, "Technological Stress: Mental Strain of Younger and Older Users If Technology Fails," in *Ambient Assisted Living*, R. Wichert and B. Eberhardt, Eds. Germany: Springer, 2011, pp. 17-

- 29.
10. A. Queirós, A. Silva, J. Alvarelhão, and N. Rocha, "Um Modelo Conceptual para o Ambient Assisted Living," in *Laboratório Vivo de Usabilidade*, 1st ed., A. Teixeira, A. Queirós, and N. Rocha, Eds. Aveiro: Arc Publishing, 2013, pp. 89-99.
 11. H. B. V. Di Nubila and C. M. Buchalla, "O papel das Classificações da OMS - CID e CIF nas definições de deficiência e incapacidade," *Revista Brasileira de Epidemiologia*, Vol. 11, no. 2, pp. 324-35 2008.
 12. G. Stucki, J. D. Reinhardt, G. Grimby, and J. Melvin, "Developing 'Human Functioning and Rehabilitation Research' from the comprehensive perspective," *Journal of Rehabilitation Medicine*, Vol. 39, no. 9, pp. 665-71, 2007.
 13. L. K. Fernández, "Valoración geriátrica integral," *El Residente*, Vol. 5, no. 2, pp. 55-65, 2010.
 14. M. P. Netto and J. Ponte, "Envelhecimento: desafio na transição do século," in *Gerontologia – A Velhice e o Envelhecimento em Visão Globalizada*, 1st ed., M. P. Netto, Ed. São Paulo: Atheneu, 2000, pp. 3-12.
 15. R. Schneider, D. Marcolin, and R. Dalacorte, "Avaliação funcional de idosos," *Scientia Medica*, Vol. 18, no. 1, pp. 4-9, 2008.
 16. World Health Organization, "International Classification of Functioning, Disability and Health," Geneva, 2001.
 17. A. M. Jette, "Toward a Common Language for Function, Disability, and Health," *Physical Therapy*, Vol. 86, no. 5, pp. 726-34, 2006.
 18. L. Nordenfelt, "Action theory, disability and ICF," *Disability and Rehabilitation*, Vol. 25, no. 18, pp. 1075-9, 2003.
 19. S. Federici, F. Meloni, and A. LoPresti, "International Literature Review on WHODAS II," *Life Span and Disability*, Vol. 12, no. 1, pp. 83-110, 2009.
 20. G. Cockton, "Usability Evaluation," in *Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, M. and D. Soegaard Rikke Friis, Ed. Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation, 2012.
 21. A.I. Martins, A. Queirós, N.P. Rocha and B.S. Santos, "Avaliação de usabilidade: uma revisão sistemática da literatura," *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, Vol. 11, no. 1, pp. 31-44, 2013.
 22. A.I. Martins, A. Queirós, M. Cerqueira, N. P. Rocha and A. Teixeira, "The international classification of functioning, disability and health as a conceptual model for the evaluation of environmental factors," *Proced. Comput. Sci.*, vol. 14, pp. 293-300, 2012.
 23. A. Teixeira et al., "New telerehabilitation services for the elderly," in I. Miranda and M. Cruz-Cunha (eds.) *Handbook of Research on ICTs for Healthcare and Social Services: Developments and Applications*, pp. 109-32. IGI Global, 2013.
 24. A.I. Martins, A.F. Rosa, A. Queirós, A. Silva and N.P. Rocha, "Definition and Validation of the ICF-Usability Scale," *Proced. Comput. Sci.*, vol. 67, pp. 132-139, 2015.
 25. W. Foddy, "Constructing questions for interviews and questionnaires: theory and practice in social research". Cambridge University Press, 1994.
 26. J. R. Lewis, "Psychometric Evaluation of the PSSUQ Using Data from Five Years of Usability Studies," *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 14, no. 3-4, pp. 463-88, 2002.
 27. UsabilityNet, "Questionnaire resources," 2003. Online. Available: http://www.usabilitynet.org/tools/r_questionnaire.htm.
 28. V. S. Ribeiro, A. I. Martins, A. Queirós, A. G. Silva and N. P. Rocha, "AAL@MEO: Interactive Digital-TV to Support Home Care," *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 217, pp. 1024-9, 2014.
 29. World Medical Association, "Declaration of Helsinki," *Law, medicine & health care : a publication of the American Society of Law & Medicine*, Vol. 19, no. 3-4. pp. 264-5, 1991.
 30. A. Bangor, P. T. Kortum, and J. T. Miller, "An empirical evaluation of the System Usability Scale," *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 24, no. 6, pp. 574-94, 2008.

Parallel remote servers for scientific computing over the Web

Random polygons inscribed in a circle

Marco Cunha

marco.cunha@tecnico.ulisboa.pt

Miguel Casquilho*

mcasquilho@tecnico.ulisboa.pt

IST, Universidade de Lisboa (*University of Lisbon*); Ave. Rovisco Pais, IST; 1049-001 Lisboa; Portugal

* Corresponding author.

Abstract — Computing over the Web can be applied to solve problems of many types of users, namely companies, which can thus benefit from remote services, e.g., from academia, without the user's awareness. An illustration of scientific computing over the Web is described, based on remote servers in parallel, as fits separable time consuming tasks. The illustrative problem chosen was the probabilistic behaviour of the perimeter of random polygons inscribed in a circle, as: it is simple to state; its Monte Carlo resolution suits the computing considered; and each polygon to be simulated (with 3, 4, etc., sides) can be assigned to each server, here two servers. Our objectives are: to signal the adequacy of the Web for scientific computing; and to show the use of parallel, possibly heterogeneous remote servers. The problem can be freely solved on the authors' webpage. We think the benefits of scientific computing over the Web, despite the ubiquity of this environment, have lagged behind most other uses.

Keywords: scientific computing; Web; parallel remote servers; Monte Carlo.

I. INTRODUCTION

Our meaning of “scientific computing over the Web” is that a program is available on the Web to a user to solve a problem just using a browser. No software installation is necessary on the user's terminal, and the user can be anonymous or identified, the latter case being common in a company. Also, in research activities, computing over the Web can facilitate sharing assignments among geographically distributed members. We address the case where several, possibly heterogeneous, remote servers are used in parallel, “transparently”, i.e., without the user's awareness to solve a problem. A company might have purchased a Windows software for a certain task and a Linux one for another task, and so on, each in different subsidiaries, and now it would be necessary to combine it all for a new purpose to meet customers' needs.

In the academic practice of the second author, many programs were, since two decades, written and made available on our webpages to students of Operational Research, Quality Control, and Computing. The structure of the computing system can be visible to the students for obvious pedagogical reasons; yet, namely, in the context of companies, it is not pertinent to reveal it to the customers, all the more so in the many cases when the computing is outsourced to real time remote systems.

While working on one's own computer (not over the Web) depends on installing some sort of software, the “Internet era” permits different solutions. Installations imply: adequacy of the software to the user's platform and its power and capacity (hardware, operating system, speed, memory); maintenance (security, updates, upgrades); and eventual uninstallation, with its issues, such as the frequent registration debris in the Windows systems.

We have addressed scientific computing over the Web in several previous works (e.g., [1][2]), besides our daily use in teaching. We talk about scientific computing, but any type of computing (e.g., [3]) over (or on) the Web may be envisaged.

The question of scientific computing itself is not its lack on the Web. Innumerable websites offer (frequently free) software for computing, scientific or not, but relatively few provide scientific computing over the Web. So, specific references to this type of computing are not easy to find. An outstanding exception (incidentally, in the same tone as ours) is Ponce's ([4]) extensive library in Hydraulics, written in Fortran, although lacking systematic default user data. Many websites provide scientific computing, but with one or more aggravations: Java required (with stringent security rules since version 8); user data (namely, numerical) disallowed; browser plugins needed such as Adobe Flash. A number of websites provide vast information on Mathematics and Computing, such as Wolfram MathWorld ([5]) and its WolframAlpha ([6]) using their own *Mathematica* language. Other websites are based on (invisible) advanced computing, such as the Google search engine, but without computation as a direct objective. Several other entities (e.g., [7][8]) provide useful resources, although targeting various purposes that are different from ours, such as cloud storage.

The scientific problem that underlies the present study, the probabilistic behaviour of the perimeter of random polygons inscribed in a circle, which is just a theoretical exercise, was devised in order to feature: independent (and complementary), parallelizable computing tasks; no association to a particular application, thus not obscuring the computing aspects central to this text; and a Monte Carlo resolution technique, suitably general and well-known, permitting (almost) arbitrarily large time consuming runs, a characteristic pointing to the use of parallel computing.

The problem in this study differs considerably from a previous one ([9]). Only the general technique of Monte Carlo simulation is common to both cases. The previous work used remote serial computing for statistical sampling, whereas the present work is about another problem (random polygons), run in parallel, able to run remotely in different environments (operating systems, geographical sites, programs) and without third party applications.

The problem addressed lends itself to distribution to various servers, ideally in parallel. Whether the servers are remote or not might be irrelevant, but remoteness is in the objective of this study. In the current situation, the fault tolerance issue is not explored because the computation strictly depends on each task performed by each remote server.

Monte Carlo simulations are “brute force”, extensive calculations (the more, the better) that give a response to a problem for which there is no analytical solution, as (to our knowledge) happens in our illustrative case. The problem, as we state it —run on possibly totally different computers—, should be solved neither in purely OpenMP ([10]) nor in MPI ([11]). The distribution to two (or more) remote servers presupposes that each of the non-interchangeable servers may have to provide distinct, possibly proprietary software or other resources specific to each server.

The computing model is a client-server Web system, requiring relatively few resources from the client, and assigning the computing effort to the servers. The computing: is launched from a public (or, optionally, password protected)

webpage, the *Expose* at system *Local*; is done at several (two, in our study) remote servers, the *Assistants* at system(s) *Remote*; and returned to the *Conclude* at system *Local* to show a webpage with the results. The system *Local* is a virtual machine that was granted us by CIIST (our School’s “Informatics Centre”), a machine that is independent from the main School system (the engineering school of the University of Lisbon), i.e.: *Local* is at *sasws.tecnico.ulisboa.pt*; and the *Remotes* are at our School web system, at *web.tecnico.ulisboa.pt*. (In our previous related study ([9]), a geographically fully separate source account was hosted at *www.gsd.inesc-id-pt*, a Linux system. A secure shell connection, however, could not be timely updated so as to be used in this succeeding study.) The systems and programs are shown in a clearer way in TABLE I.

TABLE I Programs, their system identification, and address

Program	System	Address
<i>Expose</i>	<i>Local</i>	<i>sasws.tecnico.ulisboa.pt</i>
<i>Assistant 1</i>	<i>Remote 1</i>	<i>web.tecnico.ulisboa.pt</i>
<i>Assistant 2</i>	<i>Remote 2</i>	<i>web.tecnico.ulisboa.pt</i>
<i>Conclude</i>	<i>Local</i>	<i>sasws.tecnico.ulisboa.pt</i>

Incidentally and without loss of generality, in the present study, *Remote 1* and *Remote 2* are at the same address, as shown in TABLE I. Let it be noted that this address corresponds to a cluster of 5 servers, thus each job is assigned to one of these servers, according to a typical load balance algorithm.

The structure in TABLE I is a particular case of the general structure shown in TABLE II. In this latter table, the major feature is that the servers are heterogeneous, running different operating systems (OS).

While in TABLE II the heterogeneous systems are clearly stated, our illustration in this study deals with “pseudo-heterogeneous” servers. Indeed, we did not have available such a set of different computers, so we did a similar scheme with various Linux accounts. Obviously, the same structure might have been used with other hardware and operating systems, as exemplified in the aforementioned TABLE II.

TABLE II Programs, their system identification, and (as examples) their address and operating systems (OS)

Program	System	Address	OS
<i>Expose</i>	Local	<i>our.company.com</i>	Linux
<i>Assistant 1</i>	Remote 1	<i>my.desktop.pc</i>	Windows
<i>Assistant 2</i>	Remote 2	<i>some.school.system</i>	Linux
...
<i>Assistant n</i>	Remote n	<i>our.affiliate</i>	Mac
<i>Conclude</i>	Local	<i>sasws.tecnico.ulisboa.pt</i>	Linux

The programming language for the mathematical computation is Fortran 90, adequate to “scientific” computing. Another language, such as C, might be chosen (or combinations), as our goal is to implement communication between a webpage and two (or other number of) remote servers. An alternative for the *Assistants* doing these computations would be to use grid computing, as suggested in [7].

In this study on scientific computing over the Web, we intend: to stress the use of the Web for this purpose; to exemplify this type of computing with a time consuming task, as is typical of the Monte Carlo applications; to use parallel remote servers, possibly heterogeneous; and once more, taking advantage of the Web, to remind a way to ease the university-industry link.

In the following sections: the illustrative problem and its method of resolution are described; the computing strategy and results are shown and discussed; and some conclusions are presented. The problem can be freely run in the authors’ website ([12]) constructed for this study.

II. PERIMETER OF RANDOM POLYGONS

Obtaining the perimeter of random polygons inscribed in a circle will mean to find its empirical probability density function, as follows. Suppose that a polygon such as a triangle or a quadrilateral or a pentagon, etc., with $n = 3, 4, 5, \dots$, respectively, has n vertices randomly located on a circle, defining its n sides. We assume, for simplicity, that: the polygons (obviously from $n = 4$ onward) are not starred; and, without loss of generality, the circle has unit radius, $R = 1$. (For other radii, the perimeter is of course proportional.) In Figure 1 are shown two triangles, a larger one and a smaller one, this latter to remind that the perimeter can be near zero or even zero (degenerate triangle), if the three vertices happen to coincide. In Figure 2 are shown two quadrilaterals, one being “legitimate” and another “illegitimate”, because it is starred, a case that is not addressed in this study. Of course, the latter case can be “corrected”, provided that, as was done, the angles of the four vertices may be sorted. To this end, a simple bubble sort was used, no more efficient algorithm being necessary because at most only nine vertices (enneagon) are simulated.

The perimeter of a random polygon in a circle of radius R is limited above by the perimeter of the regular polygon ([13]), as given in Eq. (1).

$$P = 2nR \sin\left(\frac{\pi}{n}\right) \quad (1)$$

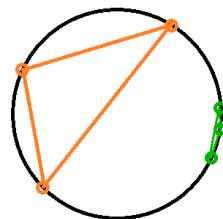


Figure 1. Triangles inscribed in a circle.

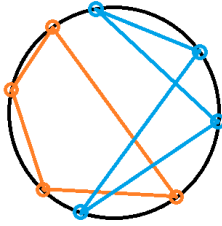


Figure 2. A non-starred quadrilateral and a starred (illegitimate) quadrilateral inscribed in a circle.

In order to plot the probability density function, pdf, and the cumulative distribution function, cdf, to accommodate the cases for any n , the worst case (leading to the highest value of P is (e.g., [13]), then making $R = 1$ meter (or other coherent unit of length),

$$P_{\max} = \lim_{n \rightarrow \infty} 2nR \sin\left(\frac{\pi}{n}\right) = \lim_{n \rightarrow \infty} 2n \frac{\pi}{n} = 2\pi$$

So, the values of P (always in the same length units) will not surpass 2π , i.e., ~ 6.28 , which will be used as the maximum abscissa for the plots of the simulated ‘pdf’ (and ‘cdf’). In the simulations done, it was assumed that n is in the interval

$$3 \leq n \leq 9 \quad (3)$$

Indeed, the results will show two (probably) distinct types of behaviour, for $3 \leq n \leq 4$, and for $5 \leq n$, respectively: a surprising pattern for random triangles and quadrilaterals; and, for pentagons ($n = 5$) and above, another type of graph, showing no interesting modification of shape as n increases. This is why, to save space, no graphs are included for the higher values of n .

For the simulation of each polygon of n vertices, the procedure was the following (with the notation $j..k$ meaning all the integers from j to k , both extremes included):

- a) Simulate n random uniform (0–1) values, $r_i, i = 1..n$.
- b) Calculate the vertices’ angles, $\theta_i, \theta_i = 2\pi r_i$.
- c) Sort θ_i to avoid star polygons (see comment).
- d) Calculate the coordinates of each vertex, $x_i = \cos \theta_i$ and $y_i = \sin \theta_i$.
- e) Calculate the sides (distances), s_i , from each point to the subsequent one (points i to $i + 1$ for $i = 1..n-1$, and n to 1).
- f) Make a histogram of the values of the sides.

This procedure can be observed in the authors’ website ([14]) for any particular polygon, obeying the condition in Eq. (3). The user’s data include the number of Monte Carlo trials, N , the random number generator seed (iff 0, “non-repeatable” series of numbers), and the number of classes (points) for the resulting histogram. So, the problem can be solved on a single system, for a mere comparison as available on the webpage

mentioned, running a Fortran 90 program, where default values are proposed.

Monte Carlo runs typically consume considerable (sometimes arbitrarily long) time, although they begin, for meaningful results with triangles, at about 1 second. So, the distribution to several servers in parallel, e.g., one for each n side polygon, appears to be the right choice, keeping in mind the supplementary fact that they are allowed to be heterogeneous and remote.

III. EXECUTION OF THE SIMULATION

Simulation runs for triangles, quadrilaterals, pentagons and hexagons, i.e., $n = 3, 4, 5$, and 6, are shown in Figure 3, Figure 4, Figure 5 and Figure 6, respectively, up to $n = 9$ being able to be run in the webpage. The figures have the same scales, making comparison easy. The value of $N = 20$ million ($20e+6$) polygons was found to be “sufficiently” large and not too lengthy, i.e., the results are stable and such simulations can be done from the webpage, not exceeding the maximum time permitted by the system’s administration, about 30 s. Much lengthier runs were done from the command line, where there is no such restraint, but no further improvement in the results was observed.

The curves are just histograms built from the experimental frequencies in 200 classes. In each graph, the curve with a peak, related to the left-hand y -axis, is the ‘pdf’, and the rising curve, related to the right-hand y -axis, is the ‘cdf’, computed by numerical “integration” (summation) of the former. (The ‘cdf’ curve obviously goes from 0 to 1, as it is the accumulated probability.) The surprising behaviour deserves analysis in a context of Statistics, but that is out of the scope of this study on computing. Indeed, the perimeters of all the polygons always show a peak, which is sharp for triangles and quadrilaterals, whereas it looks smooth for polygons with more sides. The computing times (always for the same N above) are indicated in the figures’ captions. As a final synthesis of the results for each perimeter of the polygons tested, TABLE III shows its average and standard deviation, with the coordinates x and y of the peak (the mode).

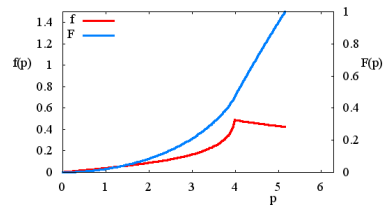


Figure 3. Perimeter of random triangles (1 s).

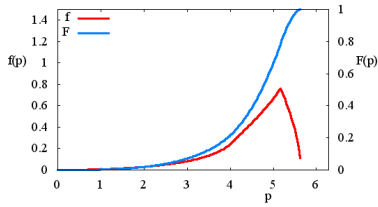


Figure 4. Perimeter of random quadrilaterals (2 s).

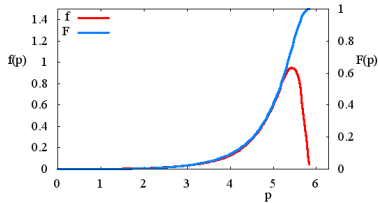


Figure 5. Perimeter of random pentagons (4 s).

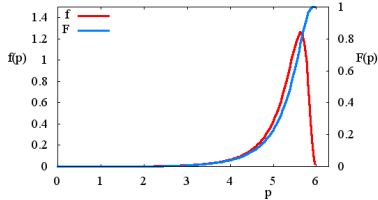


Figure 6. Perimeter of random hexagons (7 s).

In order to prepare much lengthier experiments for the parallel runs, command line executions were performed, avoiding the system-wide Web limit of about 30 s. The results suggest $N = 500$ million (500e6) yielding a run time of about 3 min for hexagons, the most time consuming of the few cases examined. These results are given in this section because they are predominantly statistic, whereas the aspects related to computing (information technology itself) will be discussed in the next section.

TABLE III Average, standard deviation, and peak (mode) coordinates from the simulation runs

Polygon	Average, std. dev.	Mode x and y
Triangle	3.82, 1.07	4.05, 0.49
Quadrilateral	4.54, 0.86	5.22, 0.76
Pentagon	4.99, 0.68	5.51, 0.95
Hexagon	5.29, 0.55	5.69, 1.26

The illustration of scientific computing used may originate extensive computations. Due to its structure of independent problems, it is suitable for parallel computing that can be distributed to various (possibly different) servers, as will be shown for two remote servers.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

The application being supposed to be used on the Web, there is no advantage that the computing should be visible to the user, even in the case where the user may be its sole

“customer”, as in the case of a company. The only information accessible to the user is his input (data) to the application and the output (results), both being HTML files built in the scripting language PHP. The architecture has the following components: (i) a Web-based front-end, to offer a user interface so that the user may insert his problem input, and (ii) a computing back-end, constituted by two (or more) servers, to execute the respective tasks, one independent task per remote server. The language selected (Fortran 90) was chosen because it is: generally adequate and efficient for the numerical problems in industry; free from intricate licensing conditions, considering its target “public” use on the Web; and able to readily produce a standalone executable.

The front-end Web interface is accessed by the user, where the job’s data are accepted. The front-end schedules the job and forwards the data to the back-end computing servers. The back-end, after finishing the various jobs, replies to the front-end with the output. In the examples given, the output is a set of numerical results used to produce a graphic, also shown. In the cases of “classical” languages (such as Fortran and C), having no graphical capabilities, the graphic is made via a graphic tool, which, in our case, was the common free *gnuplot*. The results, *i.e.*, the numerical output and the graphic, are formatted as HTML (via PHP) for the web and finally presented in a way comprehensible by the user.

The architecture consists of the following. The user addresses the problem webpage and introduces his data (input) in the fields of an HTML *form* inserted in a PHP page. Clicking the ‘Execute’ button sends the data by the POST method to another PHP file, managing the distribution to the remote servers, by SSH connections. This PHP has as objective to establish the connection between the various programs and distribute the tasks in a parallel mode, and collect the final results, including the graphic.

The final page, visible by the user, contains the HTML *src img* tag with the reference to the graphic file (a ‘png’ file), which was just generated and automatically sent to a temporary directory accessible to the Web. In order to permit simultaneous access by several users, the file is created using a unique name generated by a function of the wall clock time through PHP *microtime*.

The files needed are the following, with the indication of which physical system, local or remote, each is at:

- remote_parallel.php** at *Local* (see TABLE I) — webpage visible by the user, where: the user accesses the particular problem with a browser and the procedure begins; and the user inserts his input data, which are handled by the subsequent file.
- dispatcher.php** at *Local* — file for handling the problem data received from ‘remote_parallel.php’ for execution by the specific executable programs, all remote, available and adequate for the particular problem. This file controls the flow, invoking: serially, the first program (*Expose*) to display the problem data; then, in parallel, the various remote programs (the *Assistants*); and finally a last program

(*Conclude*), synthesizing the results from all the previous computations, and producing an illustrative graphic. This file, 'dispatcher.php', uses all the output already produced, and generates a dynamic (temporary) PHP webpage with the results available to the user.

- c) **Expose.exe** at *Local*, executable program — local standalone executable, written (in this example) in Fortran, compiled and linked, presenting the input data of the particular problem.
- d) **Assistant1.exe** and **Assistant2.exe** at *Remote1* and *Remote2.exe*, respectively, executable programs — remote standalone executables, written (in this example) also in Fortran, compiled and linked, solving the (two) middle parts of the particular problem. These programs return each a public URL, to be used by the subsequent program.
- e) **Conclude.exe** at *Local*, executable program — local standalone executable, written (in this example) also in Fortran, compiled and linked, receiving the URLs of the results from the Assistant s and the URL with the settings for the graphic (to be used in the HTML tag ''), and produces the graphic, returning its URL.
- f) **Complementary files** at *Local* — **sshConnection.php**, **utils.php** (explained below), PHP environment files, cascading style sheet, and the images that characterize the website.

The file 'sshConnection.php' contains the methods necessary to establish the secure connections with the executables, and implements robust criteria to validate the connections and handle possible issues. The file 'utils.php' contains several functions: formatting the output data from the programs; creating the local file with the settings for 'gnuplot'; parsing the output from each executable to extract a URL, to both inform the last executable ('Conclude.exe') about the coordinates for the graphic, and supply the location for the graphic.

The fact that the problem is solved "over the Web" adds no further difficulty in relation to the basic resolution of any scientific problem. Scientific computing frequently leads to batch type execution, without interactivity, so the present paradigm is adequate. The use of the Web adds the recognizable advantage of the access to many services that are geographically separate.

The architecture adopted is shown in Figure 7, with the nomenclature already introduced, the numbers (in the vertical axis) meaning: 0, the *Local* system, where the public webpage is located, *i.e.*, where the user inserts the problem data via the program *Expose* and will receive the results in a webpage, via the program *Conclude*; 1, 2, etc., the *Remote* systems, where the various components of the computation are done.

The fact that the remote part of the computing flow is performed in parallel reduces the time effort to complete the process. Nevertheless, our results show, in accordance with

Amdahl's law ([15]), that, in the case of two identical runs, the total time spent was not reduced to half. By "identical runs", we mean the same polygons, *e.g.*, triangles, and the same number of simulated perimeters. Indeed, there is a fixed workload, related to the task management carried out by the operating system, and by the managing procedure ('dispatcher.php'), as well as the communication overheads.

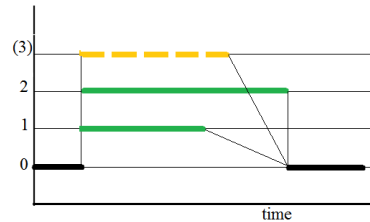


Figure 7. Flow of computing, with numbers meaning: 0, *Local* system (with programs *Expose* and *Conclude*); 1, 2, ..., *Remote* systems in parallel (with programs *Assistant*).

The problem addressed is, naturally, available for execution in the mentioned authors' website [12]. In the context of this study, the system, as a whole, is simple to create and maintain, and proved, on the usability side, to be quite practical and friendly.

V. CONCLUSIONS

The Web can provide access to scientific (or other) computing in a way that has been relatively little explored, namely in the context of companies and the much praised collaboration with academia. It makes available computing systems of any power, regardless of the capability, type or operating system of the user's terminal, just through a browser, without any particular software installation.

The illustration for this study is the Monte Carlo simulation of polygons (with 3 to 9 vertices), inscribed in a circle, in order to get their perimeter and assess its probabilistic behaviour. This problem clearly suggests the distribution by several servers (here, two) in parallel, one for each polygon case, and possibly different servers from each other. The Monte Carlo simulation is a powerful technique that can be arbitrarily lengthy. Although the computation was done on similar remote systems (anyway, two completely independent executions on the University computing system), the use of a system assigning tasks to remote servers is an example of a distribution that can be mandatory when the servers perform heterogeneously, with different functions, even on different platforms. The gist of this work was to show how this can be done without the user's perception, such as is adequate in a company towards its workers and in its relation with its customers.

The problem addressed permitted to show the suitability of the Web as an environment for scientific (or other) computing with the ability to use various remote homogeneous or heterogeneous servers to accomplish a given goal. The mathematical method used was a simple Monte Carlo simulation, without further statistical exploration.

Computing over the Web uses the same executables as in the command line. During two decades of academic practice, one of the authors has verified that Web computing is adequate, whether for academia or industry purposes or for the connection — ever in need of improvement — between any of these types of entities.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was done at CERENA, *Centro de Recursos Naturais e Ambiente*, (Centre for Natural Resources and the Environment), funded by FCT, *Fundação para a Ciência e Tecnologia* (Portuguese “Foundation for Science and Technology”), Project UID/ECI/04028/2013, and Department of Chemical Engineering, IST (*Instituto Superior Técnico*), *Universidade de Lisboa* (University of Lisbon), Lisbon, Portugal. For the study, the authors thank: (M. Casquilho) the Department of Chemical Engineering, and (M. Cunha) the Department of Information Technology and Computers, both of IST; CIIST (the Computing Centre of IST); and Professor João Coelho Garcia (Department of Information Technology and Computers, IST, and Inesc-ID, Institute for Systems Engineering and Computers, Research and Development, Lisbon). The referees’ comments contributed to the clarity of this report.

REFERENCES

[1] M. Ferreira, M. Casquilho, “Scientific computing over the Internet; an example in Geometry”, WordCIST’13, World Conference on Information Systems and Technologies, Olhão (Faro, Portugal), 2013.

[2] M. Casquilho, M. Cunha, “Scientific computing over the Web in various programming languages --- solving problems in Fortran, C, and Octave”, CISTP2014, 9.^a Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información (*9.th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*), Barcelona (Spain), 2014.

[3] M. Sati, V. Vikash, V. Bijalwan, P. Kumari, M. Raj, M. Balodhi, P. Gaurila, V. B. Semwal, “A fault-tolerant mobile computing model based on scalable replica”, *International Journal of Artificial Intelligence and Interactive Multimedia*, 2(6), 58–68., 2014.

[4] V. M. Ponce, San Diego State University, http://ponce.sdsu.edu/online_calc.php , accessed 01Feb2016.

[5] Wolfram MathWorld, <http://mathworld.wolfram.com/> , accessed 01Feb2016.

[6] WolframAlpha, <http://www.wolframalpha.com/input/?i=3%2B9> , accessed 01Feb2016.

[7] EGI, European Grid Infrastructure, <http://www.egi.eu/> .

[8] SCI-BUS, SCientific gateway Based User Support, <https://www.sci-bus.eu/> .

[9] M. Cunha, M. Casquilho, “Applied scientific computing over the Web with remote servers: sampling with and without replacement”, CISTP2015, 10.^a Conf. Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação (*10.th Iberian Conf. on Information Systems and Technologies*), Águeda, Aveiro (Portugal), 2015.

[10] OpenMP, “The OpenMP API specification for parallel programming”, <http://openmp.org/> , accessed 01Feb2015, complete specification of July 2013.

[11] Argonne National Laboratory, “The Message Passing Interface (MPI) standard”, <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/> , accessed 01Feb2016.

[12] M. Casquilho, “Random polygons: remote parallel servers”, http://sasws.ist.utl.pt/MCasquilho/CISTI_2016/remote_parallel.php .

[13] eFunda.com, “Regular polygon inscribed in a circle”, <http://www.efunda.com/math/areas/PolygonInscribedGen.cfm> , accessed 01Feb2016.

[14] M. Casquilho, “Perimeter of inscribed polygons”, at Técnico (IST), <http://web.tecnico.ulisboa.pt/~mcasquilho/compute/qc/Fx-polygonPeriForParal.php> .

[15] G. M. Amdahl, “Validity of the single processor approach to achieving large-scale computing capabilities”, AFIPS Conference Proceedings (30): 483–485, 1967.



Um modelo multicritério para apoiar a definição de uma metodologia de teste para micro e pequenas empresas

A multicriteria model to support the definition of a software testing methodology for micro and small enterprises

Andreia Silva, Placido Pinheiro e Adriano Albuquerque
Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)
Fortaleza, Brasil
andrearsp@gmail.com, {placido,adrianoba}@unifor.br

Resumo — Muitas das micro e pequenas empresas ainda não possuem um processo de teste formal e nem mesmo possuem a capacidade de implantação de um processo que atenda às necessidades e garanta a correta execução das atividades. Além disso, estas empresas possuem características peculiares, em geral, desenvolvem softwares menores e de menor complexidade, evitam ferramentas caras e procedimentos complexos, pois não dispõem de muitos recursos financeiros. Este trabalho apresenta a definição de uma metodologia de teste possivelmente mais viável à realidade das micro e pequenas empresas. A metodologia de teste tem como base o IEEE Standard 829 e foi definida com o apoio de especialistas em teste de software, juntamente com profissionais que atuam em micro e pequenas empresas por meio de uma abordagem estruturada no multicritério.

Palavras Chave - multicritério; teste; processo; abordagem.

Abstract — Many of the micro and small-sized companies still do not have a formal testing process and do not even have the ability to implement a process that meets the needs and ensures the correct execution of activities. In addition, these companies have unique characteristics, in general, they develop smaller and less complex software, avoid expensive tools and complex procedures, because they do not have many financial resources. This paper presents the definition of a testing methodology possibly more viable for the reality of micro and small-sized companies. The testing methodology is based on the IEEE 829 Standard and was defined with the assistance of software testing experts, along with professionals working in micro and small-sized companies through an approach structured in multicriteria.

Keywords - multicriteria; testing; process; approach.

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de software não é uma atividade trivial, pois depende principalmente da habilidade de interpretação das pessoas envolvidas no desenvolvimento e por isso é suscetível a diversos problemas, incluindo a possibilidade de se

desenvolver um software diferente do que é esperado pelo usuário.

A atividade de teste é, portanto, uma tarefa fundamental, pois durante o processo de comunicação e transformação da informação no desenvolvimento de um software, mesmo com o uso dos mais recomendados métodos e técnicas, enganos e falhas de interpretação ocorrem e podem gerar falhas no funcionamento do software. Contudo, é importante ressaltar que segundo as estimativas obtidas nos últimos anos, 50% dos custos do desenvolvimento são destinados ao teste de software [1] e no cenário das micro e pequenas empresas, onde a disponibilidade de recursos é limitada, as atividades de teste de software são reduzidas, ou, em muitos casos, eliminadas.

Este é um fator preocupante, tendo em vista que muitas empresas de desenvolvimento de software são enquadradas na classificação de micro e pequena empresa. Para se manterem no mercado, estas empresas precisam investir significativamente na melhoria da qualidade de seus produtos, e para isso, é importante a definição de uma metodologia de teste que não seja grande e inviável, a fim de permitir a institucionalização de um processo de teste nessas empresas.

II. A IMPORTÂNCIA DO PROCESSO

Teste de software tem sido contemplado nas mais reconhecidas normas e modelos de maturidade de processos, como: CMMI [2], MPS BR [3], ISO/IEC 12207 [4] e ISO/IEC 15504 [5]. Todas estas normas e modelos de maturidade fornecem um guia de apoio à definição de um processo de teste de software com o intuito de que as atividades de teste sejam realizadas de maneira organizada, disciplinada e baseadas em um conjunto de atividades bem definidas. De modo geral, este guia estabelece os requisitos para a definição do processo de teste, mas não especifica em detalhes como implementar ou desempenhar as atividades, nem descreve formato ou conteúdo da documentação a ser gerada. Todas essas definições são de

responsabilidade da empresa que implementa a norma ou modelo e deve estar de acordo com suas necessidades e as características particulares de cada projeto.

Da mesma forma, os modelos de avaliação e melhoria de processos de teste de software: Testing Maturity Model [6] e Test Process Improvement [7], foram criados com o objetivo de fornecer apoio às empresas que desejam melhorar seu processo de teste, mas não é o objetivo destes modelos auxiliar a empresa na definição do processo de teste. Entretanto, a norma IEEE 829 [8], difere-se um pouco das demais normas e modelos, pois estabelece um conjunto de documentos que devem ser gerados ao longo das atividades de teste. Ao todo são 8 (oito) documentos que envolvem desde as atividades de planejamento e especificação até o relato de testes.

Segundo Crespo [9], embora a norma IEEE 829 possa ser utilizada para o teste de produtos de software de qualquer tamanho ou complexidade, para os projetos pequenos ou de baixa complexidade, alguns documentos propostos podem ser agrupados de forma a diminuir o gerenciamento e o custo de produção dos documentos. Além disso, o conteúdo dos documentos também pode ser abreviado.

III. FUNDAMENTOS DO MULTICRITÉRIO

O objetivo do multicritério é diminuir a subjetividade no processo decisório, com a utilização de múltiplos critérios e a aplicação de cálculos matemáticos. Contudo, a subjetividade é um fator que estará sempre presente, tendo em vista que os itens a serem avaliados matematicamente são resultado de opiniões humanas. Seu foco é, portanto, apoiar o “decisor” na análise das informações e buscar a melhor estratégia dentre as alternativas existentes.

A adoção de uma abordagem multicritério de apoio à decisão neste trabalho deve-se ao fato desta abordagem, que está em constate crescimento, propiciar ao grupo envolvido no processo de tomada de decisão, subsídios necessários para se obter uma solução que melhor se ajuste às necessidades do grupo [10]. Além disso, a abordagem tem como foco os problemas que incluem aspectos qualitativos e/ou quantitativos, tendo como base o princípio de que a experiência e o conhecimento das pessoas é pelo menos tão valioso quanto os dados utilizados para a tomada de decisão [11].

Este trabalho concentra-se na abordagem MCDA, por ser um método criado com o intuito de priorizar o fator humano na análise de problemas. O método fornece uma abordagem estruturada para a tomada de decisões, considerando dados quantitativos e julgamentos subjetivos e ainda fornece ao decisor um retrato gráfico do problema em forma hierárquica.

Além disso, para construção das escalas de preferências foi utilizada a abordagem MACBETH [12]. Desenvolvida por Carlos Bana e Costa e Jean Claude Vansnick no início da década de 90. MACBETH trata-se de uma abordagem de apoio à tomada de decisão, que surgiu em resposta ao questionamento: Como construir uma escala de intervalo de preferências a partir de um conjunto de opções sem forçar os decisores a produzir as suas preferências de forma numericamente direta?

Vale ressaltar que, do ponto de vista dos autores, a escolha de um método multicritério dentre os disponíveis, aplicado a um determinado contexto, deverá se adequar às características da problemática em questão. Assim, um ponto importante é a avaliação da problemática, dos objetos de decisão e das informações disponíveis.

Para [13], a escolha do método deve ser resultado de uma avaliação dos parâmetros escolhidos, do tipo e da precisão dos dados, da forma de pensar do decisor e do seu conhecimento do problema. Ressalta-se ainda que a direta consequência da possibilidade de escolha entre diversos métodos é que os resultados podem ser discordantes e até mesmo contraditórios.

Além disso, não se deve complicar a avaliação, pois as diferenças observadas estão muito mais relacionadas à diversidade de resultados do que a contradições e há alguns critérios que permitem validar o método escolhido [13].

Na problemática abordada neste trabalho, a aplicação do método MACBETH veio da aceitação do método pelo decisor, o que significou que as questões que estavam sendo apresentadas ao decisor faziam sentido para ele e este tinha confiança em respondê-las. Além deste ponto, enalteceu-se a necessidade de avaliar a aceitação dos dados, das suas propriedades utilizadas pelo método e se o resultado apoiou no processo de decisão.

Questões secundárias, como a existência de ferramentas como M-MACBETH e o HIVIEW, também foram observadas, pois permitiram uma maior integração com a problemática abordada. Ainda sob opinião destes autores, que concordam com [14], a metodologia de apoio multicritério à decisão possui diversos métodos que podem ser aplicados nos mais diversos problemas.

Exemplos de aplicação da metodologia utilizada nesse trabalho que obtiveram bons resultados são apresentados em [15][16][17]. Por outro lado, exemplos de trabalhos aplicando outros métodos podem ser encontrados em [18][19][20]. Porém, cabe ressaltar que a própria escolha de um método de apoio multicritério à decisão por si só já é um problema multicritério.

IV. O MODELO MULTICRITÉRIO

Um modelo multicritério, desenvolvido em [15], baseado em critérios objetivos e subjetivos, foi aplicado na definição de uma metodologia de teste para micro e pequenas empresas. A aplicação do modelo multicritério ocorreu em duas etapas. Inicialmente o modelo foi aplicado sobre a documentação disponibilizada pela Norma IEEE 829 [8], visando priorizar os documentos e, assim, apoiar a seleção dos itens mais relevantes para as necessidades das empresas de micro e pequeno porte. Na segunda etapa, o modelo foi aplicado sobre os documentos já selecionados para compor a metodologia de testes proposta neste trabalho. Dessa vez, o objetivo da aplicação foi diminuir o escopo desses documentos, selecionando as seções mais relevantes para o contexto e realidade das micro e pequenas empresas. Nas duas etapas foram executados os mesmos passos do modelo, distribuídos dentre as três principais fases do processo de apoio à decisão: (i) estruturação; (ii) avaliação; e (iii) recomendações.

A. Estruturação

Na etapa "Identificar critérios", todos os atores envolvidos participaram de uma seção de conferência para a escolha dos critérios a serem analisados para a priorização dos documentos da Norma IEEE 829 [8], bem como durante a análise para a priorização das seções de cada um dos documentos selecionados para compor a metodologia. Os critérios selecionados para a avaliação estão apresentados na Tabela I.

TABLE I. CRITÉRIOS SELECIONADOS

Critério	Descrição
Nível de Dificuldade	O nível de dificuldade para obter as informações necessárias ao preenchimento da seção é baixo?
Relevância da Informação	A informação contida na seção é relevante para a realidade da organização?
Possibilidade de Reúso	É alta a possibilidade de a informação contida na seção ser reutilizada?
Esforço	O esforço requerido para preencher a seção é baixo?
Conhecimento	Nível de conhecimento em testes de software exigido para preencher adequadamente a seção é consideravelmente baixo?
Custo	O custo para preenchimento da seção é baixo?

Na etapa "Identificar atores e seus pesos", foram selecionados dois grupos de atores para fazerem parte deste processo de decisão: o primeiro grupo, formado por 2 (dois) especialistas em teste de software, e o segundo grupo composto de 2 (dois) profissionais atuantes em micro e pequenas empresas. Em seguida, os atores responderam a um questionário, composto por 3 (três) seções, contemplando a caracterização do entrevistado, a priorização dos critérios utilizados no modelo e a análise do ponto de vista do ator com relação aos critérios e documentos analisados. Os documentos, por sua vez, representam as alternativas de solução do processo decisório.

Para o cálculo do peso do ator, foi estabelecido um valor para cada uma das opções de resposta de cada item do questionário. Também foi estabelecido um fator de ajuste para cada grupo de atores, especialistas em teste e profissionais atuantes em micro e pequenas empresas, em relação a cada um dos critérios considerados no modelo. O fator de ajuste é necessário para estabelecer um peso diferenciado para cada grupo de atores por critério avaliado no modelo. Sendo assim, o peso de cada ator consiste, então, do somatório da pontuação referente à resposta do ator em cada item do questionário, multiplicado pelo fator de ajuste do critério em questão, considerando o grupo ao qual o ator pertence. A fórmula aplicada para obtenção do peso do ator é apresentada a seguir, onde: $PA(a,c)$ = peso do ator a para o critério c ; R_{xi} = corresponde à resposta do ator para o item xi do questionário; F_c = corresponde ao fator multiplicador do critério em questão; A = corresponde à quantidade de itens do questionário.

$$PA(a, c) = \sum_{i \in A} R_{x_i} * F_c \quad (1)$$

Vale ressaltar que o peso do ator para o critério não varia de acordo com o documento que está sendo avaliado.

Na etapa "Atribuir prioridade aos critérios", cada ator classificou os critérios selecionados de acordo com seu grau de relevância para o processo de teste da empresa, e não por documento específico, como apresentado a seguir, onde: $Prioridade(a,c)$ = prioridade do critério c para o ator a ; n = quantidade de critérios; $i, j > 0$.

$$Prioridade(a, c_i) \in \{1, \dots, i, \dots, n\} \mid \forall c_i, c_j \mid i \neq j \Rightarrow Prioridade(a, c_i) \neq Prioridade(a, c_j) \quad (2)$$

Em seguida, para cada critério, foi realizada uma avaliação parcial do escore. Esta avaliação parcial é resultado da multiplicação dos valores obtidos do ponto de vista do ator para cada documento, peso do ator e prioridade do critério. Vale ressaltar que os valores aplicados para prioridade e peso do ator foram equalizados, visando garantir uma avaliação igualitária. Da mesma forma, o peso do ator foi também normalizado, conforme apresentado a seguir, onde n representa a quantidade de critérios.

$$[Prioridade(a, c)]_i \in \{1/n, 2/n, \dots, n/n\}$$

$$[PA(a, c)]_1 = \frac{\sum_{i \in A} R_{x_i} * F_c}{4} \quad (3)$$

Após o resultado adquirido na avaliação parcial para cada ator, foi realizado na etapa "Calcular escore geral dos critérios", o cálculo da mediana para a obtenção do escore final de cada documento para cada critério, conforme mostrado a seguir.

$$Me(x_i, c) = \begin{cases} [E_{x, j/2} + E_{x, (j/2+1)}] / 2, & \text{se } m \text{ for par,} \\ E_{x, (j+1)/2}, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (4)$$

O valor da mediana encontrado foi utilizado como base para a priorização dos documentos, durante a aplicação no Macbeth.

B. Avaliação

A fase de avaliação foi realizada com o suporte do Hiview, que foi construído a partir da abordagem MACBETH e trata-se de uma ferramenta de fundamental importância para avaliação dos modelos fundamentados neste método [12]. Assim, na etapa "Aplicar escores no MACBETH", foram elaboradas as matrizes de juízo de valor para cada critério. Para o MACBETH, realizar a avaliação dos documentos de acordo com os escores obtidos dos critérios, é necessário calcular a diferença de atratividade para cada critério. A diferença de atratividade é o resultado da diferença do valor da mediana do critério entre os documentos (x_1 a x_k), considerando o módulo do valor obtido. Após o cálculo da diferença de atratividade, o valor resultante deve ser verificado na escala apresentada a

seguir, na Tabela II. O julgamento da matriz de juízo do critério "Relevância da Informação" é apresentado na Fig. 1.

C. Recomendações

Durante a etapa "Indicar a priorização de cada documento" foi realizada uma análise com base nos resultados obtidos na fase de avaliação. Como apresentado na Fig. 2, o MACBETH permite visualizar os critérios que tiveram maior contribuição no processo de priorização dos documentos.

Vale ressaltar que o Relatório de Encaminhamento de Item de Teste, um dos documentos disponibilizados pelo padrão IEEE 829 [8], foi retirado do escopo deste processo antes mesmo da aplicação do modelo multicritério. O documento foi retirado tendo em vista que sua aplicação é prevista para casos em que equipes distintas estão envolvidas na realização do desenvolvimento e dos testes do software, sendo, portanto, necessário o mapeamento dos itens encaminhados para teste. Contudo, este cenário geralmente não se aplica ao contexto de micro e pequenas empresas.

TABLE II. PARTICIPAÇÃO DOS GRUPOS NA PESQUISA

Diferença de Atratividade	Categoria MACBETH	Resultados obtidos com a aplicação do modelo		
Nula	0	0	—	0,14
Muito Fraca	1	0,14	—	0,28
Fraca	2	0,28	—	0,42
Moderada	3	0,42	—	0,57
Forte	4	0,57	—	0,71
Muito Forte	5	0,71	—	0,85
Extrema	6	0,85	—	1



Figure 1. Matriz de Juízo para o Critério Relevância da Informação

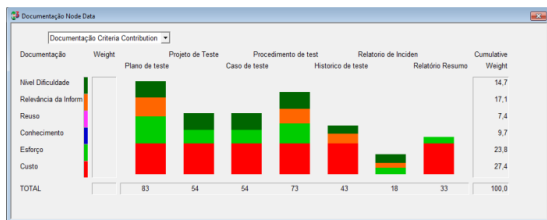


Figure 2. Escore Geral dos Documentos

V. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE APLICAÇÃO DO MODELO

Após aplicação do modelo, os resultados obtidos em relação à priorização dos documentos de teste foram então validados com dois dos atores, um de cada grupo (especialistas em teste e profissionais de micro e pequenas empresas), que participaram da aplicação do modelo. A validação teve por objetivo averiguar se os documentos priorizados pelo modelo estavam de acordo com a necessidade e perspectiva dos atores para, assim, definir a documentação básica da metodologia de teste a ser aplicada em micro e pequenas empresas.

Com o intuito de mensurar a contribuição da aplicação do modelo multicritério para a definição da metodologia de teste, foi realizada uma análise comparativa, visando identificar, em termos percentuais, se os documentos priorizados pelo modelo passaram a fazer parte da metodologia de teste. Para isso, foram considerados os acertos do referido modelo, tanto em relação aos documentos de maior prioridade que foram selecionados para compor a metodologia, como aqueles que foram desconsiderados da metodologia por terem sido classificados como de menor prioridade.

Para essa análise foi adotado, como ponto de corte, o valor da mediana calculada, com base na pontuação obtida por cada um dos documentos, na priorização do modelo. A pontuação de cada documento foi apresentada na Fig. 2 e o resultado do cálculo da mediana, que teve como base essa pontuação, foi equivalente a 48,5. Portanto, os documentos considerados como de maior prioridade foram aqueles que obtiveram a pontuação igual ou acima de 48,5. Com isso, foram selecionados os documentos básicos para a metodologia proposta e, em sua maioria, estava de acordo com os resultados da priorização dos documentos, obtida com a aplicação do modelo. A seguir é apresentada a relação dos documentos selecionados para compor a metodologia: (i) Plano de Teste; (ii) Caso de Teste; (iii) Procedimento de Teste; e (iv) Relatório de Incidentes.

Analisando os resultados do modelo em comparação com a análise e seleção realizada pelos profissionais no momento da avaliação, percebe-se uma discordância em relação ao documento Relatório de Incidentes que, na aplicação do modelo foi classificado como de menor prioridade dentre os demais. De fato, este documento não poderia ser excluído, tendo em vista, que não faria sentido uma metodologia de teste não contemplar o registro dos incidentes detectados. Em relação ao documento de Projeto de Teste, apesar de estar entre os de maior prioridade segundo o modelo, este documento não foi selecionado pelos atores. Os demais documentos estão em acordo com o resultado do modelo, portanto, o percentual de colaboração do modelo multicritério na composição da metodologia equivale a 75%, como pode ser visto na Tabela III.

VI. APLICAÇÃO DO MODELO SOBRE AS SEÇÕES DOS DOCUMENTOS SELECIONADOS

O modelo foi aplicado para cada um dos documentos selecionados, utilizando a mesma estrutura, as mesmas fases, atores e critérios. As ações, neste caso, correspondem às seções de cada documento avaliado. Tendo em vista que a aplicação

do modelo foi descrita em detalhes nas seções anteriores, apenas os resultados obtidos para cada documento serão apresentados.

TABLE III. PERCENTUAL DE COLABORAÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO NA COMPOSIÇÃO DA METODOLOGIA DE TESTE

Documento	Priorizados no modelo	Priorizados pelos atores
Plano de Teste	Sim	Sim
Projeto de Teste	Sim	-
Caso de Teste	Sim	Sim
Procedimento de Teste	Sim	Sim
Histórico de Teste	-	-
Relatório de Incidente de Teste	-	Sim
Relatório de Resumo de Teste	-	-

Da mesma forma, após a aplicação do modelo, os resultados obtidos em relação à priorização das seções de cada documento de teste foram avaliados com dois dos atores que participaram da aplicação do modelo; um de cada grupo (especialistas em teste e profissionais de micro e pequenas empresas).

Para mensurar a contribuição da aplicação do modelo na seleção das seções que farão parte do escopo dos documentos, foi considerado também, como ponto de corte, o valor da mediana do resultado da pontuação obtida por cada seção, na aplicação do modelo.

Para priorização das seções do documento Plano de Teste foram consideradas as seções que obtiveram pontuação igual ou superior a 41. Deste modo, das 16 (dezesseis) seções contidas no documento original, apenas 9 (nove) foram selecionadas para compor a nova versão do documento.

Analisando os resultados do modelo em comparação com a análise e seleção realizada pelos profissionais no momento da validação, percebe-se que, dentre as 7 (sete) seções classificadas como de menor prioridade, 5 (cinco) foram realmente descartadas pelos profissionais. Por outro lado, dentre as 9 (nove) seções de maior prioridade, 6 (seis) foram selecionadas para compor a nova versão do documento. Logo, em termos percentuais, a colaboração do modelo multicritério na composição da nova versão do documento Plano de Teste, equivale a 75%, como pode ser visto a seguir na Tabela IV.

Os demais documentos (Especificação de Caso de Teste e Relatório de Incidente de Teste) passaram pelo mesmo procedimento. O índice de colaboração do modelo em relação às seções priorizadas nestes documentos foi de 43% e 90%, respectivamente. O documento de Procedimento de Teste foi o único que, dentre os selecionados, não teve sua priorização obtida por meio do modelo multicritério. Considerando que este documento é composto por apenas 3 (três) seções, decidiu-se não aplicar o modelo, tendo em vista a relação custo/benefício de tempo e recursos que seriam necessários para obter os resultados desta priorização. Outro ponto que contribuiu para que o modelo não fosse aplicado a este

documento, é que durante as avaliações de todos os documentos pelos atores, já se identificou, dentre as 3 (três) seções contidas em tal documento, aquela de menor prioridade para o contexto das micro e pequenas empresas e que portanto deveria ser retirada do documento. Dessa forma, a nova versão do documento é composta por apenas 2 (duas) seções: Objetivo do Procedimento de Teste e Passos do Procedimento de Teste.

TABLE IV. APLICAÇÃO DO MODELO NO PLANO DE TESTE

Seções do Plano de Teste	Seções Priorizadas	
	Modelo	Atores
Objetivo	Sim	Sim
Escopo	Sim	Sim
Visão Geral	Sim	Sim
Referências	Sim	Sim
Itens de Teste	-	Sim
Tipos de Teste	Sim	Sim
Características a Serem Testadas	-	-
Características que Não Serão Testadas	-	-
Abordagem de Teste	-	-
CrITÉrios de Aprovação/Rejeição dos Itens de Teste	Sim	Sim
Artefatos de Teste	Sim	-
Recursos Físicos	-	Sim
Necessidades de Treinamentos	Sim	-
Recursos Humanos	Sim	Sim
Cronograma de Atividades	-	-
Riscos e Contingências	-	-

VII. CONCLUSÃO

A definição ou adaptação de um processo não é uma tarefa trivial, principalmente quando se busca adaptar o processo à realidade da empresa ao invés de propor que a empresa, com todas as suas limitações, se adapte ao processo. Diante dessa realidade, este trabalho apresentou um modelo multicritério que pode ser utilizado para apoiar a definição de processos.

O modelo proposto pode ser aplicado na definição de um processo para a organização ou para um projeto específico. A experiência de uso do modelo aqui apresentada abordou uma questão crítica: processos de teste para micro e pequenas empresas. Para isso, o modelo foi aplicado ao padrão IEEE 829. É importante ressaltar que este padrão, substituído pela norma ISO/IEC/IEEE 29119-3 [21], foi utilizado em virtude de sua disponibilidade na organização em que ocorreu a aplicação do modelo. Contudo, o modelo é genérico e pode ser aplicado a qualquer outra norma que trate de processos.

O resultado obtido com a aplicação do modelo multicritério permitiu o estabelecimento de um conjunto de documentos que podem ser considerados, possivelmente, mais próximos da realidade de micro e pequenas empresas, segundo a avaliação

dos profissionais que contribuíram com a definição e avaliação da metodologia.

Ressalta-se que a aplicação do modelo multicritério tem como finalidade apoiar a definição da metodologia de teste e, portanto, não necessariamente o resultado da tomada de decisão será exatamente igual ao resultado da priorização obtida com a aplicação do modelo. Contudo, é fundamental que as diferenças entre os resultados obtidos com a aplicação do modelo e os julgamentos expressos pelos participantes envolvidos no processo decisório sejam reavaliados, com o propósito de ajustar o modelo a mais próximo possível da realidade.

Cabe, ainda, ressaltar que a quantidade de atores que participaram do processo decisório pode ser considerada uma ameaça à validade do estudo, principalmente, por tratar-se de um modelo automatizado que permite considerar a opiniões de diversos atores. Contudo, para não inviabilizar a aplicação do modelo na indústria este risco foi assumido. Não menos importante, deve ser ressaltado que a escolha dos critérios pode ter influenciado no resultado do modelo, pois alguns critérios selecionados pelos atores eram diretamente relacionados.

Uma vez que o modelo proposto é aplicável às necessidades específicas de um projeto ou de uma organização, seu uso pode ser considerado até mesmo em organizações de grande porte que possuam demandas de projetos menores e que, portanto, não exigem grande formalismo.

Em relação aos trabalhos futuros, é interessante comparar o esforço de um processo de testes que produza todos os documentos propostos pela norma IEEE 829 e o processo definido com o apoio do modelo multicritério aqui proposto. Outro trabalho fundamental é a criação de um guia de adaptação do processo considerando as características específicas dos projetos.

Do ponto de vista específico do modelo multicritério que inclui um procedimento automático para preenchimento da matriz de juízo de valor, é interessante mapear a quantidade de inconsistências geradas nessas matrizes. O objetivo desse mapeamento é ajustar o modelo para que este fique o mais próximo possível dos julgamentos expressos pelos participantes envolvidos no processo decisório. Por fim, mas igualmente relevante, seria realizar o planejamento e a execução de um estudo para avaliar se a abordagem definida atendeu às necessidades das empresas de desenvolvimento de software que fizeram uso da metodologia e, assim, obter sugestões de melhoria.

AGRADECIMENTOS

O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo Grant #475239/2012-1. O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo Grant #475239/2012-1.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

[1] S. Wagner, and T. Seifert, "Software quality economics for defect-detection techniques using failure prediction," in ACM Software Engineering Notes, vol. 30, n. 4, pp. 1-6, 2005.

[2] CMMI for Development (CMMI-DEV), Version 1.3, Technical Report CMU/SEI-2010-TR-033, Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2010.

[3] MPS.BR, General Guide 2011, SOFTEX (Association of Brazilian Software Excellence Promotion), June 2011. Available in <http://www.softex.br>.

[4] ISO/IEC 12207:2008 - Systems and software engineering - Software life cycle processes. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2016.

[5] ISO/IEC 15504:2003 - Information Technology - Software Process Assessment. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 2016.

[6] I. Burnstein, T. Suwanassart, and C. R. Carlson, "Developing a testing maturity model for software test process evaluation and improvement," in IEEE International Test Conference 96, pp. 581-589, October 1996.

[7] T. Koomen, and M. Pol, "Test process improvement: a practical step-by-step guide to structured testing," Addison-Wesley, 1999.

[8] IEEE Standard 829-1998 - Standard for Software Test Documentation, IEEE Press.

[9] A. N. Crespo et al, "A methodology for software testing in the context of process improvement," "Uma metodologia para teste de software no contexto da melhoria de processo," in III Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software (SBQS 2004), 2004.

[10] C. A. Bana, and Costa, "Readings in multiple criteria decision aid," Springer-Verlag, 1990.

[11] A. M. A. Schmidt, "Process to support decision-making - approaches: AHP and MACBETH," "Processo de apoio à tomada de decisão - Abordagens: AHP e MACBETH," Dissertation (Master's Degree), Florianópolis, UFSC, 1995.

[12] C. A. Bana, and Costa, J. M. D. Corte, and J. C. Vansnick, "MACBETH," Version 1.1 - User Manual, 2005a.

[13] D. Bouyssou, T. Marchant, M. Pirlot, P. Perny, A. Tsoukiás, and P. Vincke, "Evaluation and decision models: a critical perspective," in Boston: Kluwer Academic, 2000.

[14] V. M. Ozerney, "Choosing the 'best' multiple criteria decision making method," in INFOR, vol. 30, n. 2, pp. 159-171, 1992.

[15] A. Rodrigues, P. R. Pinheiro, M. M. Rodrigues, A. Carvalho, and F. M. Gonçalves, "Applying a multicriteria model for selection of test use cases: a use of experience," in International Journal Social and Humanistic Computing, vol. 1, pp. 246-260, 2010.

[16] A. Rodrigues, P. R. Pinheiro, M. M. Rodrigues, A. B. Albuquerque, and F. M. Gonçalves, "Towards the selection of testable use cases and a real experience," in Communications in Computer and Information Science (Print), vol. 49, pp. 513-521, 2009.

[17] M. Sampaio, P. Donegan, A. K. Castro, P. R. Pinheiro, A. Carvalho, and A. D. Belchior, "Multicriteria model for selection of automated system tests," in Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems, IFIP TC 8 International Conference on, CONFENIS 2006, Vienna, vol. 205, pp. 777-782, 2006.

[18] A. K. A. Castro, P. R. Pinheiro, M. C. D. Pinheiro, and I. Tamanini, "Towards the applied hybrid model in decision making: a neuropsychological diagnosis of alzheimer's disease study case," in International Journal of Computational Intelligence Systems, vol. 4, pp. 89-99, 2011.

[19] T. C. S. Machado, A. C. Menezes, I. Tamanini, and P. R. Pinheiro, "A hybrid model in the selection of prototypes for educational tools: an applicability in verbal decision analysis," in Computational Intelligence in Multicriteria Decision-Making, IEEE Symposium on, Paris, 2011.

[20] A. C. Menezes, P. R. Pinheiro, M. C. D. Pinheiro, and T. H. C. Pequeno, "An approach for the diagnosis of type 2 diabetes: a hybrid model in decision making," in XLV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, p. 1, Natal, 2013.

[21] ISO/IEC/IEEE 29119-3:2013 - Software and systems engineering - Software testing - Part 3: Test documentation, 2016.

Framework para avaliação da cidadania digital entre uma população menos favorecida, no Brasil

Framework for evaluation of digital citizenship among less favored population in Brazil

Samir Rodrigues Haddad
Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL)

Lisboa, Portugal
srhds@isct-iul.pt

Abílio Oliveira
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL), ISTAR-IUL,
Lisboa, Portugal
abilio.oliveira@iscte.pt

Gustavo Cardoso
Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL), CIES-IUL,
Lisboa, Portugal
gustavo.cardoso@iscte.pt

Resumo — Este artigo tem como grande objetivo apresentar e sintetizar os principais conceitos de cidadania, cidadania digital e inclusão digital, no processo de construção da cidadania. A abordagem metodológica utilizada foi, essencialmente, explicativa, bibliográfica e documental, tendo em vista um levantamento do estado da arte na temática, fundamental para a preparação fundamentada de uma investigação empírica, que virá na sequência deste trabalho. Discutimos uma nova abordagem de cidadania digital, baseada na sociedade de informação e do conhecimento, e propomos uma *framework* para a sua avaliação, tendo em conta os impactos diretos e indiretos dos programas de inclusão digital sobre populações pobres, em locais de acesso público (Telecentros), em Belo Horizonte (Brasil).

Palavras-Chave – *inclusão digital; cidadania digital; Telecentro; avaliação.*

Abstract — This article aims at presenting and summarizing the main concepts of citizenship, digital citizenship and digital inclusion, within the concept of citizenship construction. The methodological approach is essentially explicative, bibliographical and documental. We begin with a state-of-the-art of the topic, which is necessary to prepare the well-documented empirical investigation that will be carried out after this piece of work. We discuss a new approach of digital citizenship, based on the information and knowledge society and we propose a framework to assess it, taking into consideration the direct and indirect impact of the digital inclusion programmes on poor populations, in Telecentros, in Belo Horizonte (Brazil).

Keywords - *digital inclusion; digital citizenship; Telecentro; Assessment*

I. INTRODUÇÃO

Apesar dos avanços nos últimos anos das políticas sociais no combate à pobreza e exclusão social, de forma global, o Brasil apresenta resultados alarmantes de pobreza e exclusão social, medidos por diferentes pesquisas e índices, entre eles o PNUD¹, PNAD² e Geni³.

Com o paradigma da sociedade de informação e do conhecimento que emergiu no final do século passado, as

tecnologias de informação integraram e aumentaram a comunicabilidade e o acesso a informações e ao conhecimento. Todavia, por outro lado, também agravaram a exclusão social, criando um novo tipo de exclusão: a digital.

Para minimizar os impactos desta sociedade de informação, os governos desenvolvem programas públicos sociais de inclusão digital, baseados em uma nova cultura de direito, não apenas o direito genérico à internet, mas também ao acesso à informação enquanto um bem público [1]. Segundo [2], a inclusão digital constitui um fator predominante para estabelecer uma cidadania que possibilite o aumento da empregabilidade, bem como das condições para o desenvolvimento das comunidades e a resolução dos seus problemas. Neste sentido, as práticas políticas podem fomentar, numa população, a participação e a autonomia crítica, nos planos individual e social, promovendo a inclusão social e digital, pela utilização das ferramentas tecnológicas disponíveis.

Atualmente, parece haver consenso entre pesquisadores de vários países que os locais de acesso público (Telecentros, cibercafés, bibliotecas) às tecnologias de informação e comunicação (TIC), por meio dos programas de inclusão digital, abrem novas oportunidades – nomeadamente de cunho social, económico e financeiro –, particularmente, para as populações de baixa renda. Porém, o acesso público às TICs pode gerar também efeitos de segunda ordem, ou seja, impactos na educação, na cultura, nas condições de empregabilidade, nas alternativas de geração de renda, no engajamento cívico, na participação política ou em outras áreas da vida quotidiana. De facto, diversos estudos, dois deles citados a seguir, têm demonstrado que as estratégias de inclusão digital podem ter impacto sobre diversos aspetos da vida das pessoas, independentemente do país onde vivem, da idade, da situação profissional, da escolaridade género, local de moradia e classe social.

O estudo “*Connecting people for development: Why public Access ICTs matter - Global Impact Study of Public Access to ICTs Final research report*”, desenvolvido em 2013 e coordenado por pesquisadores da Universidade Washington (Technology & Social Change Group - TASCHA)[3], analisou um conjunto de dados abrangendo oito países: Bangladesh,

¹ PNUD- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

² PNAD- Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Brasil

³ Coeficiente de Gini (ou índice de Gini) é um cálculo usado para medir a desigualdade social.

Botswana, Brasil, Chile, Gana, Lituânia, Filipinas e África do Sul. Além do impacto dos locais de acesso públicos, tomou em conta ainda as categorias de atividades que se enquadram nos domínios estabelecidos por organismos internacionais para o desenvolvimento social, como a cultura e a língua, educação, emprego e renda, política, saúde, comunicação e lazer. Os resultados deste estudo revelaram que, em todos os domínios, houve um aumento da percepção do impacto positivo sobre os utilizadores que mais frequentavam locais de acesso público, em especial entre os que pertencem a populações de baixa renda. Os autores ressaltam que esses resultados não são comparáveis entre grupos de pessoas com diferentes necessidades, momentos de vida e locais com diferentes recursos financeiros e infraestruturas.

Especificamente no Brasil, os resultados das pesquisas sobre o impacto dos locais de acesso público estão sob a gestão do Comitê Gestor da Internet, órgão do governo federal - CGL.br. Com base nos dados apresentados por este órgão, em especial a *Pesquisa sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no Brasil- TIC Centros Públicos de Acesso 2013* [4] e diversos documentos produzidos no mundo acadêmico brasileiro e pelo setor público, pode-se afirmar que os programas de inclusão digital brasileiro são avaliados sob uma perspectiva orçamentária e quantitativa. Um conjunto de variáveis mensuráveis e objetivas são apuradas (como por exemplo nº de computadores, tipos de acessos, nº de celulares, tipos de atividades que são desenvolvidas pelo uso de Internet, nº de pessoas que são capacitadas, etc.), sem que se meça, no entanto, o seu desempenho na perspectiva dos impactos diretos e indiretos, como demonstrado no estudo *Global Impact Study of Public Access to ICTs Final research report* [3].

Após mais de 15 anos de desenvolvimento dessa política de inclusão digital, diferentes programas foram implementados em diversas regiões do Brasil, com formatos de gestão diferenciados, mas que de forma geral se traduzem na disponibilização de infraestruturas tecnológicas (redes sem fio, computadores, conectividade, montagem de centros de acessos gratuitos-Telecentros), oferta de cursos de capacitação em informática básica e cidadania e, em alguns casos, oferta de um primeiro emprego, resultando numa diminuição progressiva do “fosso digital” (acesso a Internet). Porém, continua-se a desconhecer se as ações promovidas no âmbito desses programas determinam o aumento da cidadania digital ou se permitem reduzir as desigualdades sociais (infoexclusão) advindas das TICs.

Mas, o que entendemos por cidadania digital? Qual a melhor definição de cidadania digital?

Não seria importante discutirmos também tais impactos sob a ótica do exercício de cidadania, como um dado essencial para a avaliação dos locais de acesso público e das políticas de inclusão digital? Poderá o conceito de cidadania digital ancorar-se nas práticas sociais que traduzem uma maior participação e autonomia das populações na organização política e social de suas comunidades? Este artigo é parte, e ponto de partida, de uma pesquisa bem mais vasta, integrada

num doutoramento que tem como questão central verificar de que forma os programas sociais de inclusão digital (TICs) contribuem para a cidadania digital entre os cidadãos de classes sociais pobres em Belo Horizonte.

Temos aqui dois objetivos: enquadrar, teoricamente, os conceitos de cidadania, cidadania digital e inclusão digital, e propor uma nova definição de cidadania digital, definindo uma possível *framework* para avaliação dos locais de acesso público, baseada na estruturação do conceito de cidadania digital, a partir do levantamento teórico-conceitual e empírico realizado.

II. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Partindo de [5] esta pesquisa será explicativa, quanto aos fins, tendo como principal objetivo tornar os conceitos teóricos relativos a “cidadania” acessíveis e compreensíveis. Trata-se de explicar porque, para se reduzir a pobreza, é necessário conquistar a cidadania. Avançaremos para as noções de cidadania ativa e passiva, para chegarmos ao conceito de cidadania digital, na atual sociedade de informação. Discute-se ainda o conceito de inclusão digital, e seus possíveis elementos relevantes para a mensuração da cidadania digital.

No que respeita aos meios, esta pesquisa será igualmente bibliográfica e documental. Irá basear-se em material publicado em livros, jornais, revistas, sites, e que sejam disponibilizados ao público em geral. Incluirá, também, a análise de documentos existentes em órgãos públicos ou privados. Dois documentos merecem destaque na pesquisa documental: o estudo *Why public access ICTs matter - Global Impact Study of Public Access to ICTs Final research report* e a pesquisa *Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no Brasil- TIC Centros Públicos de Acesso 2013*.

Ainda quanto aos meios, e na sequência da revisão apresentada neste artigo, o trabalho de doutoramento em curso envolve uma investigação faseada, que inclui dois estudos, primeiro com *focus-group*, e depois um estudo inferencial, que envolve a realização de um inquérito por questionário. Ambos serão realizados em Belo Horizonte, com os utilizadores dos Telecentros do Programa BH Digital, em Belo Horizonte. O grupo focal está previsto para ser realizado entre 14 e 18 de março de 2016 em 4 Telecentros, com utilizadores de diferentes faixas etárias. Os resultados obtidos contribuirão para a construção de um questionário, a ser aplicado no 2º semestre de 2016, em 72 Telecentros. Os dados serão tratados com ferramentas de *data mining* e *SPSS*. Os resultados poderão contribuir para melhorar as políticas de inclusão digital em Belo Horizonte, em especial o programa BH Digital.

III. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Para compreendermos a problemática proposta devem abordar-se, teoricamente, temáticas inter-relacionadas: situação social, económica e política do Brasil, Sociedade de Informação e TICs, Inclusão Digital e cidadania digital, dentre

outros.

A) Situação social, econômica e política no Brasil

O complexo debate acerca dos horizontes e políticas de combate à desigualdade e pobreza no Brasil ganha força e espaço. A pobreza é a questão mais urgente que o país necessita de enfrentar no início do novo milênio [6]. A pobreza deixa qualquer pessoa desfavorecida em diversos sentidos: desde a falta de renda, alimentação, ocupação ou moradia até ao difícil acesso a atividades culturais e certos serviços públicos. Por isso, é preciso uma nova postura e um novo olhar por parte do governo e da sociedade para diminuir o quadro perverso da desigualdade brasileira [7].

B) Sociedade da informação e TICs

No final do século XX, consolidou-se mundialmente o novo paradigma da Sociedade da Informação e Conhecimento, também conhecido como a era da informação. Nesta nova organização social, também chamada de sociedade em rede⁴, a sua morfologia estrutura-se cada vez mais em torno de tais redes. A difusão de sua lógica modifica substancialmente as operações, os processos de produção e as experiências, com o poder dos fluxos de informação a prevalecer sobre os fluxos do poder e de cultura. Assim, a presença ou a ausência na rede, e as dinâmicas de cada rede, relativamente a outras, são fatores críticos de denominação e mudança social. A inclusão ou exclusão em redes, e a arquitetura das suas relações, através de tecnologias de informação e comunicação, que operam à velocidade da luz, configuram os processos e funções dominantes nas nossas sociedades [8, pag 606].

Surge assim uma nova ordem social, construída a partir do papel central da informação e do conhecimento nos processos produtivos e sociais. As cidades tornam-se digitais, e a informação é um bem social, que exige cada vez mais o domínio de conhecimentos e competências, necessários para diminuir distâncias sociais e realizar transformações no meio social de forma consciente e refletida [9]

Nas cidades digitais poderá haver o resgate da utopia, encontrando na forma urbana o suporte material do processo de produção de novas relações sociais, por meio da capacidade criadora do ser humano [10]. Todavia, a maioria das pessoas neste planeta continua *offline*. Por um lado, sugere-se que o aumento do uso das novas tecnologias e das suas possibilidades interativas irão ampliar a participação social. Por outro, elas parecem suscitar a divisão entre os que tem acesso a essas novas tecnologias e os que delas ficam excluídos por barreiras culturais, financeiras ou educacionais [11].

C) Inclusão Digital

⁴ A topologia das redes determina que a distância (ou frequência de interação) entre dois pontos (ou posições sociais) é menor (ou mais frequente/intensa) se ambos os pontos forem nós de uma rede. A distância (física, social, econômica, político, cultural) entre dois pontos ou posições varia entre zero (para nós na mesma rede) e infinito (para qualquer ponto externo à rede) (Castell, 1996, 2000, pag 607).

A ideia central dessa uma nova modalidade de política pública social, designada por inclusão digital – tecnologia social voltada para a inclusão social –, é incentivar cada beneficiário do sistema, de forma a mudar a sua trajetória de vida, melhorando, por exemplo, as suas qualificações ou tirando das ruas crianças em fase escolar e reencaminhando-as aos bancos da escola, combatendo a miséria e quebrando um ciclo geracional de exclusão e pobreza [12].

Os programas de inclusão digital têm potencial tecnológico para promover respostas e provisões sociais, de forma territorial, integrada, intersectorial e democrática, e, desta forma, enfrentar a exclusão social e digital num processo de reconstrução social [13].

Tais programas têm sido considerados como um fator predominante para o estabelecimento de uma nova cidadania que possibilite não apenas o aumento da empregabilidade mas também favoreça condições para o desenvolvimento das comunidades e a resolução de seus problemas, com participação e autonomia crítica para mudanças nas práticas políticas, promovendo a inclusão social [2]. Segundo estes autores, os programas de inclusão digital contribuirão para a inclusão social na medida em que:

- a) permitam às pessoas apropriar-se da tecnologia para o seu próprio desenvolvimento nos mais diferentes aspectos;
- b) estimulem a geração de emprego e renda;
- c) promovam a melhoria da qualidade de vida das famílias;
- d) proporcionem maior liberdade social;
- e) incentivem a construção e manutenção de uma sociedade ativa, culta e empreendedora.

No âmbito das políticas de inclusão digital, esta pesquisa que estamos a desenvolver foca, em particular, a implementação de projetos desenhados para permitir um maior diálogo das comunidades com as ações e programas governamentais. É o caso dos Telecentros – espaços de acesso público localizados em comunidades carentes, equipados com computadores conectados à internet de banda larga, para uso comunitário, de forma gratuita.

Os Telecentros são espaços que combinam o acesso às TICs e suas linguagens, e favorecem a participação cidadã, com uma utilização determinada pela própria comunidade envolvida. Promovem processos de consulta ou fóruns públicos, mediando a relação da comunidade com o crescente número de serviços públicos *online*, e publicando dados que permitem à comunidade planejar suas demandas e reivindicações. Também podem prover serviços de criação, conexão e hospedagem de iniciativas econômicas locais, além de constituir um espaço de apoio a iniciativas voltadas para a geração de emprego e renda, proporcionando formação, presencial ou a distância, e prática a quem procure ter mais educação,

A inclusão digital compensa as desigualdades entre *status* e posições sociais, proporcionando a todas as pessoas igualdade de oportunidades no acesso à informação, comunicação e conhecimento, à formação e qualificação, em particular na procura de trabalho, à defesa dos direitos próprios e à capacidade de expressão, etc. [14].

D) Cidadania

Neste processo de desenvolvimento social a partir das TICs, é fundamental compreender que a construção do Estado democrático garante direitos e deveres a todos. O exercício da cidadania passa necessariamente pela questão do uso e acesso da informação, “pois tanto a conquista de direitos políticos, sociais e civis, como a implementação dos deveres do cidadão dependem fundamentalmente do livre acesso à informação sobre tais direitos e deveres” [9, p. 09].

Para [15], a cidadania é a conscientização do ser humano em relação à realidade em que vive, pela efetiva capacidade de participar na sua construção e modificação, e de poder partilhar os seus benefícios, num processo contínuo de interação de direitos e deveres, individuais e coletivos.

De facto, a cidadania é uma igualdade de direitos e obrigações, em que “a classe social, por outro lado, é um sistema de desigualdade” (Marshall, 1967, p. 76), fortificada por ideias, valores e crenças. [15] complementa, apontando três direitos fundamentais no exercício da cidadania:

- direitos civis, que se referem à liberdade individual;
- direitos políticos, assegurados e ampliados pelo direito de participar do exercício do poder;
- direitos sociais, relacionados com o usufruto do bem-estar social e económico.

[14] recorda-nos o papel importante do Estado na regulamentação das profissões e na construção da cidadania, ou seja, a cidadania liga-se intimamente à profissão, e os direitos de cada pessoa relacionam-se com o lugar que ela ocupa no processo produtivo, reconhecido por lei.

[15] classifica a cidadania como passiva ou ativa, i.e., tanto assegura direitos em sociedade, como forma de garantir o direito à vida, como, além disso, fomenta o direito à vida em sociedade, com participação civil e política.

[16] complementa o conceito de cidadania ativa com o de hipercidadania, que é o exercício mais profundo de participação política, social e económica, e que podemos denominar como **cidadania digital**. Neste contexto, o conceito de cidadania tem aparentemente uma natureza tecnológica, tal como o das redes digitais.

Pensar na cidadania enquanto promotora de igualdade leva-nos a olhar os programas sociais de inclusão digital como meios para aceder a informações e serviços que ajudam a reduzir a desigualdade social, e a suscitar a construção da visão crítica de uma nova cultura do direito [10]; [14].

IV. DISCUSSÃO

A) Cidadania Digital

A Fig. 1 ilustra a abordagem que adotamos para propor uma framework para avaliação da cidadania digital.

Ao apresentar uma definição de cidadania digital, que é uma referência na pesquisa atual e futura, cumprimos já o nosso primeiro objetivo. Com base nos direitos humanos apresentados – social, civil e político – e nos princípios da

universalidade e indivisibilidade, propomos uma nova definição de cidadania digital (cf. Figura 1), que seria:

o exercício da igualdade de direitos na vida em sociedade, de forma livre e consciente, na condição de pessoa como requisito único para a dignidade e titularidade, e com a garantia dos direitos civis, políticos e sociais, com participação ativa nestes direitos, num processo contínuo de construção e modificação da sociedade, partilhando os benefícios disponíveis, em situação de igualdade, social e digital, na interação e tendo a harmonia como o elemento base da convivência humana.

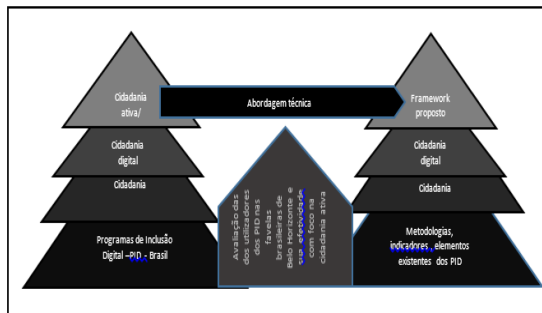


Figura 1: Ilustração gráfica da abordagem seguida.

A Fig.02 representa uma proposta para um novo conceito de cidadania digital.



Figura 02: Elementos propostos para o novo conceito de cidadania.

B) Estudos e pesquisas brasileiras

De modo a unir os elementos expostos, quanto a cidadania e inclusão digital, e facilitar a futura avaliação das ações de inclusão digital, propomos uma classificação das ações de inclusão digital (adaptadas de pesquisas das TICs no Brasil), em função dos tipos de cidadania, dos capitais e dos níveis de ações utilizando a Internet (Apêndice I - cf. Tab. 1).

O levantamento do estado da arte, no que concerne a esta temática, leva-nos a contribuir com uma nova categoria, a de resolução de problemas locais e sociais e algumas subactividades dentro de cada categoria.

C) Estudo Global Impact Study of Public Access to ICTs

O último objetivo proposto neste artigo passa pela análise do estudo elaborado por [3], que usa outra tipologia de abordagens para avaliar os impactos de locais de acesso

público. Num primeiro nível de análise, o estudo examina como os locais de acesso público contribuem para a inclusão digital, tomando em conta dois impactos diretos (primeiro nível): **o acesso ao computador e à internet e a utilização das TICs.**

Afirma-se que um melhor acesso e uma maior utilização constituem por si só impactos importantes, com consequências significativas para a vida das pessoas. Para além deste primeiro nível de análise, existe um segundo, que examina as consequências em diferentes domínios: comunicação e lazer, cultura e língua, educação, emprego e renda, governança e saúde. Reconheceu-se neste estudo a contribuição dos locais de acesso público no nível mais básico de acesso às TICs, ou seja, o fornecimento de computadores e acesso à internet, promovendo o desenvolvimento de competências digitais.

Os seis domínios de impacto de segundo nível são usados pela pesquisa como chave principal para classificação dos dados de uso dos acessos públicos. No entanto, este apresentou uma categorização mais detalhada para avaliar os impactos (especialmente nos domínios das comunicações e lazer, e emprego e renda). Os domínios são assim completados por 13 categorias de impacto – onze categorias dentro dos seis domínios, além de duas categorias de impacto transversais: poupança financeira e economia de tempo.

Tabela 2: Categoria e domínios

Categoria	Domínio
Comunicação com família e amigos	Comunicação e lazer
Procurar Interesses e passatempos	Comunicação e lazer
Conhecer novas pessoas	Comunicação e lazer
Buscar outras atividades de lazer	Comunicação e lazer
Renda	Emprego e renda
Acesso aos recursos de empregabilidade	Emprego e renda
Enviar e receber remessas de dinheiro	Emprego e renda
Educação	Educação
Saúde	Saúde
Acesso às informações e serviços governamentais	Governo
Atividades culturais e língua nativa (local)	Cultura e língua
Poupança financeira	Transversal
Economia de tempo	Transversal

Fonte: adaptado [3]

Associando-se a esta classificação de domínios e categorias (cf. Tabela 2) a classificação de atividades já apresentada (cf. Tabela 1), observa-se que as categorias que constam na Tabela 2 não incluem a participação política, nem o desenvolvimento de atividades e projetos comunitários, fatores considerados como chave para a avaliação da cidadania digital. Não é correto considerar que tais atividades estão incluídas no acesso às informações e serviços governamentais, tais como e-representação, e-legislação ou e-fiscalização, entre outros, pois são projetos e atividades de desenvolvimento comunitário e pessoal, que não estão diretamente ligados aos serviços do governo, mas sim a uma identidade territorial, ou seja a uma comunidade local.

[11] afirma que os ambientes locais, por si só, não induzem um padrão específico de comportamento, ou uma identidade distinta, pois as pessoas resistem ao processo de

individualização, tendendo a agrupar-se em organizações comunitárias que, ao longo do tempo, geram um sentimento de pertença e, em última análise, uma identidade cultural. “Isto só ocorrerá se houver um processo de mobilização social, isto é, as pessoas precisam participar de movimentos urbanos (não necessariamente revolucionários), pelos quais são definidos e defendidos interesses comuns, a vida é, de algum modo, compartilhada e um novo significado pode ser produzido” [11, p.73].

O que sustenta o não agrupamento das atividades associadas a necessidades urbanas de condições de vida e consumo coletivo, afirmação da identidade local, conquista de autonomia política local e participação na cultura, na qualidade de cidadãos, pois não se pode afirmar que estas ocorrem no âmbito das comunidades residentes em favelas. Justifica-se assim a sua separação, com a criação de um novo domínio de identidades territoriais, em quatro categorias de atividades: necessidades urbanas de condições de vida e consumo coletivo; afirmação da identidade local; conquista de autonomia política local; participação, na qualidade de cidadãos.

Apesar dos resultados positivos que se observam em todos os domínios deste estudo, há muito trabalho por realizar, no desenvolvimento de metodologias que permitam caracterizar, identificar e quantificar os impactos de acesso público, em especial “no que se refere às condições em que o impacto ocorre, ligando os resultados dos utilizadores a variáveis como infraestrutura local, normas e regras sociais, equipe de apoio e localização, dentre outros” [3]

D) Síntese

Com base no conceito de cidadania digital que propomos, podemos conjugar os dados por nós explicitados (cf. Tabelas 1 e 2) num única tabela. A Tabela 3 (APENDICE I) apresenta essa interseção da tipologia utilizada no estudo de [3] com as dos estudos brasileiros.

Finalmente, propomos uma *framework* que visa a avaliação dos impactos dos locais de acesso público (cf. Figura 3).

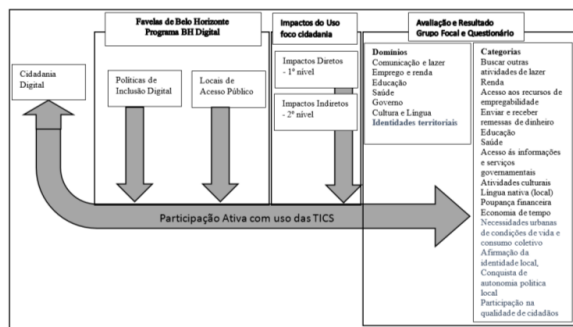


Figura 03: Proposta da *Framework* para futura avaliação dos impactos dos Telecentros em Belo Horizonte

V. CONCLUSÕES

Neste artigo abordámos, teoricamente, o conceito de cidadania e de cidadania digital, após o que propomos uma nova definição, mais abrangente, para o conceito de cidadania digital, com base no levantamento conceptual efetuado. O objetivo é traduzir o exercício civil, político, económico e digital para redução da pobreza, por meio de programas sociais de inclusão digital e das TICs. Este conceito renovado será usado para interpretar, em estudos futuros, o impacto dos programas de inclusão digital e das TICs na efetivação do exercício da cidadania digital e, em consequência, na redução da pobreza e na promoção da igualdade, na nossa sociedade.

Como segundo ponto, este artigo evidenciou as políticas de inclusão digital como parte integrante na construção da cidadania e cidadania digital, evidenciando o direito à informação, ao conhecimento e à comunicação. O acesso à informação passa, assim, a ser um direito fundamental de qualquer sociedade democrática baseada no pluralismo, na tolerância, na justiça e no respeito mútuo.

Sintetizámos também os resultados de diversos estudos relativos ao uso da internet e do computador, salientando as atividades (básica, intermediária e avançada) e seus domínios, bem como os impactos diretos e indiretos, o que nos permitiu contribuir para a implementação de mais um domínio, denominado identidade territorial, compreendendo quatro categorias: necessidades urbanas de condições de vida e consumo coletivo, afirmação da identidade local, conquista de autonomia política local e participação na qualidade de cidadãos.

Este artigo resume a primeira parte de uma investigação que está a ser desenvolvida – e na qual estão planeados vários estudos –, e que tem como objeto central a avaliação da cidadania digital em programas de inclusão digital na cidade de Belo Horizonte. A referida investigação terá uma fase exploratória – na qual nos encontramos no presente – e uma fase inferencial, essencialmente quantitativa. Os dados aqui sintetizados e a *framework* apresentada serão importantes na fundamentação e prossecução do trabalho. Tendo em vista a avaliação dos impactos de 1º e 2º níveis, estamos agora a preparar um *focus-group*, para o qual iremos obter dados nos próximos dias. Temos igualmente planeado para este ano um estudo inferencial, para o qual iremos desenvolver um questionário, que irá integrar indicadores que derivam do levantamento teórico- conceptual que efectuámos, bem como dos resultados do estudo exploratório que vamos agora realizar. Qualquer um dos estudos será realizado com uma população de usuários em Telecentros da cidade de Belo Horizonte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. A. Da Silveira. Cidadania e Redes Digitais. “Cidadania e redes digitais,” 2012. [Online]. Available: http://www.cidadaniaeredesdigitais.com.br/_files/livro.pdf, 2010.
- [2] M. G. R. Grossi, J. W. da Costa e A. J. dos Santos. “A exclusão digital: o reflexo da desigualdade social no Brasil”. [Online]. Available: <http://www.dx.doi.org/10.14572/>, 2013
- [3] A. Sey, C. Coward, F. Bar, G. Sciadas, L. Koepke, E. Alampay, M. Best, T. Blake, J. Donner, and A. Gordon, “Connecting people for development: why public access ICTs matter,” p. 241, 2013. [Online]. Available: <http://tascha.uw.edu/publications/connecting-people>.
- [4] Brasil, CGI.br- Comitê Gestor da Internet no Brasil. [Online]. Available: <http://www.cgi.br>, 2015.
- [5] S. C. Vergara, Projetos e relatórios de pesquisa em administração, 9.ed. São Paulo, 2007
- [6] R. Henriques. Pobreza e desigualdade no Brasil: traçando caminhos para a inclusão social. “Desnaturalizar a desigualdade e erradicar a pobreza no Brasil”. [Online]. Available: <http://www.unesdoc.unesco.org/images/0013/001339/133974por.pdf>, 2003.
- [7] T. M. A. Azeredo. “Programa Bolsa-Escola de Belo Horizonte: uma contribuição para a avaliação econômica, sob a ótica da eficácia, eficiência e sustentabilidade”, 2003.
- [8] M. Castells. “A sociedade em rede- a era da informação: economia, sociedade e cultura”. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- [9] M. Ferreira, C. Teixeira e L. C. Borges. “O profissional da informação e as desigualdades digitais no maranhão: desafios para a construção da cidadania”. [Online]. Available: <http://www.sbu.unicamp.br/snbu2008/anais/site/pdfs/3544.pdf>, 2008. Accessed on: Ago, 02, 2015.
- [10] F.D. Coelho. Cidadania e Redes Digitais. “A cidade digital e a apropriação social da inovação tecnológica.” www.cidadaniaeredesdigitais.com.br/_files/livro.pdf, 2010.
- [11] M. Castells. “A era da informação: economia, sociedade e cultura- Vol.II Poder da identidade”. Ed Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 2003.
- [12] F. Piovesan. Pobreza e desigualdade no Brasil: traçando caminhos para a inclusão social. “Pobreza como violação de direitos humanos.” [Online]. Available: <http://www.unesdoc.unesco.org/images/0013/001339/133974por.pdf>, 2003.
- [13] A. S. Sposati. “Gestão intergovernamental para o enfrentamento da exclusão social no Brasil. [Online]. Available: <http://www.unesdoc.unesco.org/images/0013/001339/133974por.pdf>, 2003. Accessed on: Dez, 15, 2015.
- [14] R. Massensini. “Inclusão digital: sob a ótica da cidadania”. [Online]. Available: <http://www.brapi.ufpr.br/index.php?dd60=1&dd61=inequality&acao=buscaDataGrama> Zerov. 12, n. 2, abr., 2011.
- [15] O. Jambreiro, e H. P. da Silva. “Políticas de informação: digitalizando a inclusão social”. [Online]. Available: <http://www.piwik.seer.fclar.unesp.br/estudos/articulo/viewFile/135/133>, 2004. Accessed on: Jul, 18, 2015.
- [16] Bustamante J. Cidadania e Redes Digitais. “Poder comunicativo, ecossistemas digitais e cidadania digital” [Online]. Available: http://www.cidadaniaeredesdigitais.com.br/_files/livro.pdf, 2010.

Apêndice I – Tabelas 1 e 3

Tabela1: Ações de Inclusão Digital: nível, ênfase e tipos de cidadania

Avançado (conhecimento aprofundado em internet) Cidadania ativa ou digital – capital tecnológico Ações de inclusão social com ênfase na construção da cidadania.								
Intermediário (conhecimento médio em internet) Cidadania ativa ou digital parcial – capital social, civil, político Ações de inclusão informacional com ênfase nos processos cognitivos.								
Básico (cidadania passiva) Ações de inclusão digital com ênfase nas tecnologias de informação e comunicação								
Comunicação com outras pessoas	Lazer cultural	Interagir com autoridades públicas ou órgãos do governo	Comprar ou encomendar bens ou serviços	Transações bancárias ou financeiras	Pesquisar informações e outros serviços	Formação profissional e conhecimento	Empreendedorismo e renda	Resolução de problemas locais e sociais
<ul style="list-style-type: none"> • correio eletrônico; • sala de "bate-papo" (chat); • página de relacionamento; • programa de mensagem instantânea; • blog. 	<ul style="list-style-type: none"> • ler jornais e revistas; • ouvir música ou programas de rádio e TV; • baixar arquivos de música; • assistir a competições desportivas, filmes; • documentários e novelas; • visitar museus obras de arte, <i>on line</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • requisitar documentos; • enviar declaração do imposto de renda ou outros formulários; • votar; • acompanhar processos na justiça; • e-fiscalização; • e-representa; • e-legislação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprar, vender ou encomendar algum bem ou serviço; • ter assistência <i>on line</i>; • descarregar tutoriais; • comprar entradas teatro, cinema e artes plásticas; • Agendar exames, consultas ou entrevistas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pagar contas; • Fazer transferências bancárias; • Consultar saldos. 	<ul style="list-style-type: none"> • acesso a informação, a notícias; • procurar emprego • pesquisar preços • enviar currículo, etc.; • familiarizar com cidades países, restaurantes, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • estudar, • descobrir ou aprimorar competências; • formação profissional • ofertas de cursos locais para a comunidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • economizar por meio da comparação quase instantânea dos preços de serviços e produtos; • ofertas de formação <i>on line</i>; • novas profissões; • ações de empreendedorismo. 	<ul style="list-style-type: none"> • orçamento participativo; • fóruns de discussão; • mudanças nas práticas políticas; • criação de home page locais; • inserção nos mecanismos de pesquisa as atividades da comunidade; • projetos comunitários; • mobilização social de interesse comunitário; • necessidades urbanas de condições de vida e consumo coletivo; • afirmação da identidade local; • conquista de autonomia política local;

Fonte: elaborada pelos autores

Tabela 3: Interseção das tipologias de classificação de acesso público.

Avançado (conhecimento aprofundado em internet) Cidadania ativa ou digital – capital tecnológico Ações de inclusão social com ênfase na construção da cidadania.								
Intermediário (conhecimento médio em internet) Cidadania ativa ou digital parcial – capital social, civil, político Ações de inclusão informacional com ênfase nos processos cognitivos.								
Básico (cidadania passiva) Ações de inclusão digital com ênfase nas tecnologias de informação e comunicação								
Comunicação com outras pessoas	Lazer cultural	Interagir com autoridades públicas ou órgãos do governo	Comprar ou encomendar bens ou serviços	Transações bancárias ou financeiras	Pesquisar informações e outros serviços	Formação profissional e conhecimento	Empreendedorismo e renda	Resolução de problemas locais e sociais
Categorias propostas pelo Estudo Global								
Comunicação com família e amigos Conhecer novas pessoas	Buscar outras atividades de lazer Atividades culturais e língua nativa (local)	Acesso às informações e serviços governamentais	Não há	Enviar e receber remessas de dinheiro	Procurar interesses e passatempos saúde	Educação	Renda; Acesso aos recursos de empregabilidade	Não há
Poupança financeira e economia de tempo								

Fonte: elaborada pelos autores

A Web 2.0 na aprendizagem do Espanhol, língua estrangeira

A experiência de integração do blogue no contexto educativo, em Portugal

The Web 2.0 in the spanish teaching, foreign language

The experiment of blog's integration in the educational context, in Portugal

Ana Maria de Matos Ferreira Bastos
Departamento de Educação e Psicologia, ECHS
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Vila Real, Portugal
abastos@utad.pt

Maria Isabel Oliveira Marques
Escola de Ciências Humanas e Sociais
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Vila Real, Portugal
isabelmarques650@hotmail.com

Resumo — Neste artigo apresenta-se uma experiência de integração de uma ferramenta Web 2.0, o blogue, no ensino do Espanhol, língua estrangeira, no 3º Ciclo do Ensino Básico, em duas turmas, 7º e 9º anos de escolaridade, numa escola portuguesa. O objetivo foi o de verificar a eficácia e as potencialidades desta ferramenta digital no ensino de uma língua estrangeira.

Palavras-chave: Web 2.0; Blogue; Ensino do Espanhol; Língua Estrangeira.

Abstract — This paper presents an experiment of the integration of a Web 2.0 tool, the blog, in the spanish teaching, as a foreign language in two classes of the 7th and 9th grades (Key Stage 3), in a Portuguese school. The goal was to verify the efficiency and the potential of this digital tool in the teaching of a foreign language.

Keywords: Web 2.0; Blog; Spanish Teaching; Foreign Language

I. INTRODUÇÃO

A proliferação das Tecnologias de Informação e Comunicação, particularmente a generalização da Internet, contribuiu de forma decisiva para a afirmação da Sociedade da Informação e do Conhecimento [1] em que atualmente vivemos. As diversas ferramentas Web 2.0 como o Blog, o Facebook, ou o Twitter são hoje a forma mais imediata e espontânea das pessoas comunicarem e estarem conectadas. E nos jovens, nativos digitais [2], está universalizada. Neste cenário, a Escola tem que integrar as TIC proporcionando aos seus alunos a aprendizagem com recurso aos suportes digitais e partilha e conexão em rede que estas ferramentas permitem.

II. UTILIZAÇÃO DO BLOGUE EM CONTEXTO EDUCATIVO

A. As potencialidades do blogue em contexto educativo

O blogue em contexto educativo permite que os alunos se tornem produtores de conteúdo, informação, quando publicam os trabalhos que vão realizando, disponibilizando-os *online*, podendo ser acedidos por qualquer utilizador, em qualquer lugar do mundo e no tempo em que quiser [3]. Outras turmas e outros professores podem seguir o que vai sendo realizado, usufruindo de alguns destes materiais para as suas próprias aulas. Também os pais podem acompanhar o trabalho dos seus filhos bastando para isso aceder aos produtos “postados”.

A variedade de blogues já existentes de apoio ao ensino é interminável. Segundo Gomes [4] *há blogs criados e dinamizados por professores ou alunos individuais, há blogs de autoria colectiva, de professores e alunos, há blogs focalizados em temáticas de disciplinas específicas e outros que procuram alcançar uma dimensão transdisciplinar. Há blogs que se constituem como portefólios digitais do trabalho escolar realizado e blogs que funcionam como espaço de representação e presença na Web de escolas, departamentos ou associações de estudantes. (....). A blogosfera educacional é cada vez mais transversal aos diferentes níveis de ensino, do pré-escolar ao ensino superior* (p. 311).

B. Descrição da Experiência

A experiência de integração do Blogue “Educalenguas”, como o designámos, começou pela criação do mesmo, procurando dotá-lo de uma imagem apelativa que motivasse imediatamente os alunos e quem o visitasse (figura 1).



Figura 1. Página de entrada do Blogue *Educalenguas* (educalenguas.blogspot.com)

Assegurando a maior diversidade e qualidade dos materiais disponibilizados na página, procedeu-se à inclusão de uma série de links de blogues educativos que consideramos relevantes para a prática de todas as destrezas previstas no ensino de línguas estrangeiras, intitulada “**A minha lista de blogues**” (Figura 2). Nesta secção seleccionámos links vocacionados para o ensino do espanhol, sob diferentes perspectivas: gramática, língua, cultura, leitura, informação, passatempos, turismo, gastronomia, entre outros. Estas hiperligações, de fácil acesso, permitiam não só fomentar o estudo autónomo e ampliar os conhecimentos dos alunos da língua espanhola levando-os a contactarem e explorarem diferentes materiais, como focavam a atenção dos alunos nos conteúdos, mais do que na pesquisa de informação.



Como os jovens de hoje têm especial motivação pelos conteúdos multimédia, como *games*, vídeos no youtube, séries em suporte digital ou cinema, foi introduzida uma barra inferior do blogue, com acesso direto ao canal espanhol Antena 3. Este é um canal que transmite séries juvenis contemporâneas e onde podem ser vistos *trailers* de uma série chamada “*El tiempo entre costuras*”, conforme imagem abaixo (figura 3). Também disponibilizámos a ligação à Rtve (Rádio Televisión Española), onde podem assistir às notícias em direto, a reportagens, permitindo treinar o “ouvido” para a

Figura 2. Imagens da barra lateral direita do blogue

língua que estão a aprender e conhecer um pouco mais do quotidiano dos espanhóis sob diferentes pontos de vista.

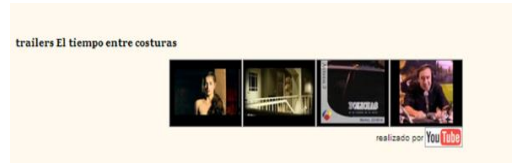


Figura 3. Barra inferior do blogue *Educalenguas*

Quanto à forma como o blogue foi dinamizado, tivemos como premissas que este fosse um espaço de acesso voluntário e que disponibilizasse aos alunos materiais complementares de apoio à aprendizagem da língua espanhola, de acordo com as temáticas em estudo. Em todas as aulas o blogue era acessado, proporcionando a familiarização e o envolvimento dos alunos com esta ferramenta Web 2.0.

Na primeira aula, com a turma do 9º ano de escolaridade foram realizadas atividades diversas, revendo o vocabulário ligado ao tema “moda” (roupa e acessórios). Dando continuidade ao estudo deste conteúdo, na segunda aula acedemos ao blogue e procedemos à leitura da notícia “postada” previamente sobre roupa inteligente.



Visita el blog – educalenguas.blogspot.com. Lee la noticia y ve el vídeo que la acompaña. Luego, deja un comentario y una sugerencia. Puedes buscar algo en internet o usar tu imaginación.

Figura 4. Artigo e vídeo publicados no blogue *Educalenguas*; Tarefas a realizar

No final desta aula, pedimos aos alunos que visitassem o blogue, revendo o texto e outros materiais relacionados com a temática, como um vídeo. Para além da leitura da notícia, a proposta de trabalho para casa era a de apresentarem sugestões de outro tipo de roupa inovadora ou inteligente, podendo apresentá-la de diferentes formas: através de mensagem postada no blogue sob a forma de comentário; mensagem via correio eletrónico ou em suporte papel, entregue na aula

seguinte. Dos vinte e cinco alunos, vinte e um visitaram o blogue, três destes postaram um comentário no blogue e dois enviaram mensagem via correio eletrónico. Junto com a notícia, postámos um vídeo que abordava este conteúdo, ampliando as informações sobre roupa inteligente. Dos alunos que não deixaram comentários, alguns justificaram que não tinham computador disponível em casa ou ainda que não tinham acesso à Internet.

Na aula seguinte, começámos com a apresentação de uma reportagem da Rtv sobre jovens *bloggers espanhóis* que escrevem sobre moda e estilo - *Blogueros 'teen' locos por la moda*. Com este trabalho jornalístico aliámos o tema do blogue e das tribos urbanas. Numa outra aula, aprofundamos o tema das tribos urbanas e dos estilos de vestir. Como tarefa, os alunos tinham que fazer um trabalho de pesquisa cujo enunciado era “¿Conoces a otras tribus urbanas además de las presentadas? Va al blog educalengas.blogspot.com y deja tu comentario. Presenta una nueva tribu y junta una foto. En clase tendrás la oportunidad de hablar sobre ella.” Ao longo da aula, os alunos mostraram-se muito motivados, sendo a sua participação entusiástica.

Com a turma de 7º ano, o trabalho foi sensivelmente diferente. Estes alunos estão no primeiro ano de aprendizagem da língua e têm, por isso, menos vocabulário para aprender, sendo também propostas tarefas mais simples.

Na primeira aula, para além de se trabalhar o vocabulário relacionado com “produtos e lojas”, foi também incluído um ponto gramatical – Pronomes complemento de Objeto Direto e noutra sessão foi a vez dos demonstrativos. Disponibilizamos no blogue exercícios para que os completassem - “*Visita el blog: educalengas.blogspot.com, y practica con algunos ejercicios.*”. Pretendíamos perceber se os alunos visitariam esse espaço e ainda se realizariam as atividades. O que constatámos foi que a maioria visitou o blogue e aceitou aos exercícios como forma de consolidar os conhecimentos.

Na aula seguinte, o desafio colocado aos alunos foi o destes acederem ao blogue e tentarem resolver as “Adivinhas” que estavam publicadas. Os alunos resolveram os exercícios mas apenas dois deles “postaram” os resultados nos comentários. No entanto, constata-se que os restantes visitaram o blogue, consultaram a informação aí disponibilizada mas optaram por levar os trabalhos em suporte papel para a aula.

Numa outra aula, o tema em abordagem era a Argentina, país do mundo hispânico, berço do autor da famosa personagem Mafalda. Nesse contexto, postamos no blogue algumas vinhetas da banda desenhada da Mafalda, o que tornou o desafio mais apelativo para os alunos, tendo a maior parte deles participado de forma espontânea e muito motivados.

No final desta experiência, recolheram-se as opiniões dos alunos acerca da utilização do blogue.

III. DESCRIÇÃO, OBJETIVOS E INSTRUMENTOS DO ESTUDO

No sentido de auscultarmos a opinião dos alunos que integraram a experiência face à integração do Blogue no processo de ensino e de aprendizagem na disciplina de espanhol, LE, organizámos um instrumento de recolha de dados que aplicámos no final do período letivo.

Os participantes neste estudo foram os quarenta e cinco alunos das duas turmas da disciplina de espanhol, Língua Estrangeira (LE), sendo 21 do 7º ano de escolaridade e 24 do 9º ano de escolaridade.

O objetivo deste estudo foi o de verificar a eficácia e as potencialidades de uma ferramenta Web 2.0, o blogue, no ensino de uma língua estrangeira, no caso o espanhol, auscultando a opinião dos alunos acerca da integração desta ferramenta digital.

Para verificar a opinião dos alunos, das turmas envolvidas na experiência, face à utilização do blogue como suporte à aprendizagem do Espanhol, LE, organizámos como instrumento de recolha de dados, um Questionário de Opinião com 11 questões, sendo 8 questões de resposta fechada e 3 de resposta aberta. O Questionário de Opinião foi aplicado quando as aulas terminaram, assegurando-se o anonimato e a confidencialidade.

IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a análise dos dados recolhidos procedemos a uma análise quantitativa, da frequência das respostas fechadas, e a uma análise qualitativa, análise de conteúdo para as respostas abertas, categorizando essas respostas.

Procedemos, de seguida, à apresentação e discussão dos resultados.

Tabela 1. Idade dos alunos (n=45)

Que idade tens?

Idade	11-12	13-14	> 15
Nº Alunos	11	22	12

Os alunos inquiridos pertencem a uma turma de 9º ano de escolaridade e uma turma de 7º ano de escolaridade, num total de quarenta e cinco alunos. De acordo com a análise da tabela 1, constata-se que vinte e dois dos alunos têm idades compreendidas entre os 13 e os 14 anos, doze têm mais de 15 anos e onze têm entre 11 e 12 anos.

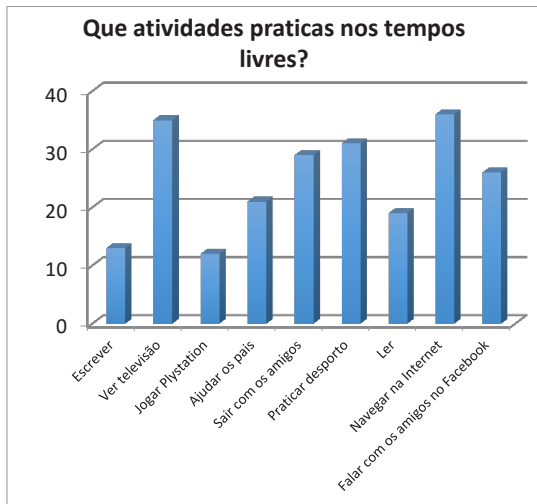


Figura 5. Atividades praticadas nos tempos livres (n=45)

Quando questionados sobre a forma como ocupam os seus tempos livres, e como se pode constatar pela análise da figura 5, podemos destacar a opção “navegar na internet” como a mais indicada (36 alunos), seguida de “ver televisão” (35 alunos) e “praticar desporto” (31 alunos). Uma grande parte dos alunos, 26, respondeu ainda que “fala com os amigos no facebook”. Estes dados permitem verificar que a maioria destes jovens utiliza as tecnologias de informação e comunicação diariamente, particularmente ferramentas de software social.

Para se perceber se todos os alunos reuniam as condições para acederem ao Blogue, questionaram-se os alunos e constatou-se que todos os participantes do estudo possuíam computador. Relativamente à ligação dos computadores à Internet, apenas um dos respondentes afirmou não ter ligação, tendo todos os outros inquiridos respondido afirmativamente.

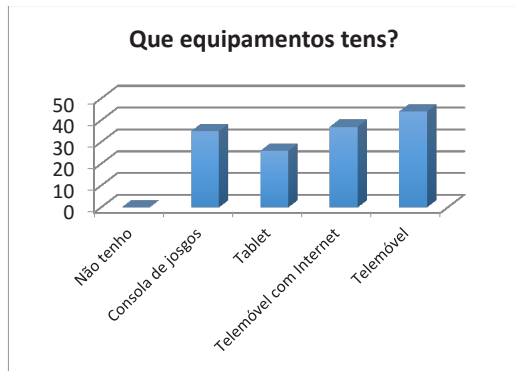


Figura 6. Equipamentos que possuem (n=45)

Quanto aos equipamentos/ dispositivos móveis que os participantes no estudo possuíam e como se constata pela consulta da figura 6, quase todos, 44, revelam ter telemóvel e

destes, 37 com acesso à Internet. Podemos constatar que a maioria dos alunos tem pleno acesso à Internet.

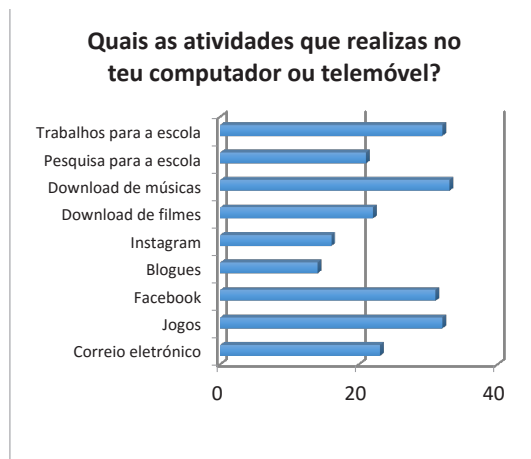


Figura 7. Atividades que os alunos realizam com o computador em casa ou com os seus telemóveis (n=45)

Como se comprova pela leitura da figura 7, no topo da lista de atividades realizadas com o computador ou com o telemóvel, temos o *download* de músicas (33 alunos), seguido por jogos (32), fazer trabalhos de casa (32 alunos) e falar com os amigos no *facebook* (31 alunos). A indicação do blogue por apenas 14 respondentes, aponta, em nosso entender, para a importância da escola e dos professores fomentarem o uso deste tipo de ferramentas de software social, e que a experiência de integração aqui relatada se constituiu como uma estratégia pedagógica acertada.

Relativamente à questão acerca de anteriores participações num blogue, verificámos que antes de a professora sugerir o seu blogue 33%, ou seja, 15 alunos dos quarenta e cinco já tinham interagido com essa ferramenta digital.

Dos 15 alunos que responderam afirmativamente, pediu-se que clarificassem para que fim utilizavam o blogue.

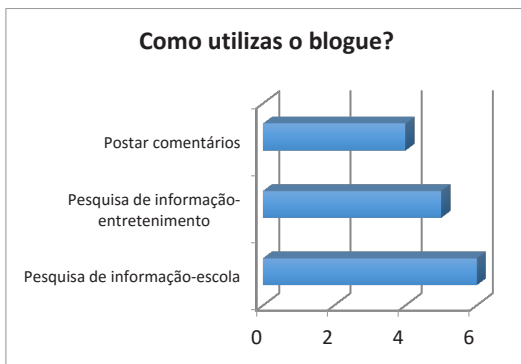


Figura 8. Tipo de utilizações dos blogues (n=15).

Como se constata na figura 8, seis alunos usam o blogue para pesquisar informação quando estudam, 5 para pesquisar informação para entretenimento e 4 para participar com comentários.

Relativamente à opinião dos participantes no estudo sobre a utilização do blogue criado pela professora, os resultados são apresentados na figura 9.

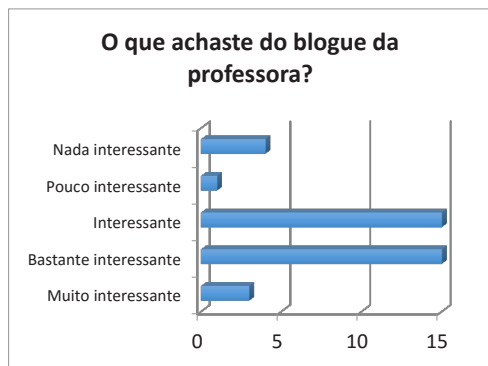


Figura 9. Opinião dos participantes no estudo sobre o blogue criado pela professora (n=45).

As respostas seleccionadas pelos alunos, dão-nos um feedback muito positivo. Como se constata pela consulta da figura 9, dos 45 alunos participantes no estudo, a maioria, 33, consideram o blogue cativante: 15 seleccionam a opção “interessante”, 15 indicam a opção “bastante interessante” e 3 sinalizam a opção “muito interessante”. Dos 4 respondentes que seleccionam o item “pouco interessante”, dois afirmam, no entanto, que este recurso os ajudou a estudar e um argumenta a sua opção com o facto de nunca o ter visitado.

Quanto à questão aberta, “qual a utilidade que deram ao blogue?”, houve respostas diversificadas, as quais agrupámos em três categorias:

- Apoiar o Estudo do Espanhol (“*Para estudar*”; “*Exercícios importantes que me vão ajudar a estudar para o teste*”; “*Para realizar exercícios*”);
- Consolidar Conhecimentos de Espanhol (“*Para me enriquecer pessoalmente e explorar um pouco a língua espanhola*”; “*Para ajudar na (aprendizagem da) língua espanhola*”; “*Para pesquisar informação*”; “*Para consultar a matéria dada nas aulas*”);
- Ampliar Conhecimentos de Espanhol (“*Aprender outras coisas*”; “*Aprendi coisas novas*”).

Na questão nº 10, era solicitado aos respondentes que indicassem o que mais gostaram no blogue da professora. Todos os alunos do 7º ano destacaram a atividade ligada às adivinhas como a parte que mais gostaram e 14 deles também sinalizaram a resolução de exercícios. Quanto aos alunos do 9º ano, todos gostaram de aceder ao vídeo e de ter acesso aos links, particularmente às notícias. Em cada turma, 14 alunos afirmaram que gostaram de todos os “posts”, destacando as imagens do blog

Para terminar, aqueles que não participaram do blogue tinham que indicar qual o motivo, apontando a *falta de tempo*, *a falta de computador* e *por esquecimento*.

Sistematizando, a análise dos resultados obtidos nos questionários dirigidos aos alunos leva-nos a concluir que as TIC formam parte do seu quotidiano, essencialmente os softwares sociais. A experiência de utilização de uma ferramenta Web 2.0, como o blogue (criado especificamente para estes alunos), permitiu-nos verificar que uma maioria significativa dos alunos que integraram a experiência considerou útil e interessante o acesso aos materiais postados, que constituíam uma ajuda e um complemento ao seu estudo. Estes resultados são uma fonte de motivação para continuarmos a investir em novas formas de trabalhar no ensino do espanhol como língua estrangeira, alargando a experiência a outras ferramentas Web 2.0, como o Facebook, tirando vantagem de os alunos recorrerem sistematicamente a estas no seu quotidiano.

O êxito desta experiência também se prende com o facto do blogue constituir uma extensão da aula, facultando aos alunos visitarem-no, explorarem e participarem na publicação de comentários fora dos “muros” da sala de aula, ao seu próprio ritmo, de acordo com a sua disponibilidade. Apesar dos diferentes níveis envolvidos, pudemos constatar que o blogue motivou tanto os alunos do 7º como os do 9º ano de escolaridade.

V. CONCLUSÃO

A concretização da experiência de utilização do blogue com duas turmas do 3º ciclo ensino básico na disciplina de espanhol, LE, em Portugal permitiu verificar que é possível trabalhar a aprendizagem do espanhol com alunos jovens com recurso a softwares sociais. Acreditamos que o público-alvo deste projeto ficou atraído pelo uso desta ferramenta utilizada ainda de forma pouco expressiva no ensino das línguas estrangeiras.

Para confirmar o quão importante é adequarmos o ensino aos alunos nativos digitais, da *geração z*, e utilizar as TIC e as ferramentas Web 2.0 em particular, foi fundamental apresentar alguns blogues já existentes e apoiados pelo Ministério da Educação e Ciência, assim como outros menos formais mas também eles ao serviço do ensino e mais especificamente ao ensino do Espanhol como Língua Estrangeira.

Criar o blogue e adequá-lo às necessidades dos alunos para as duas turmas de níveis diferentes foi um grande desafio mas que consideramos superado e motivar os alunos para a sua utilização não foi difícil pois estes estão predispostos a usarem este tipo de ferramentas digitais.

Consideramos que o blogue é um meio alternativo a outros recursos mais convencionais, já que como ferramenta da Web 2.0, permite a publicação, a partilha de textos, imagens, áudio e vídeo, assim como a introdução de comentários, com a vantagem de se obter *feedback*.

Todas estas características contribuem para que aluno desenvolva as destrezas, as competências comunicativas em língua estrangeira, promovendo simultaneamente uma aprendizagem que se pretende centrada no aluno, autónoma

em que a forma como se aprende é valorizada. O Programa da disciplina de Espanhol, Língua Estrangeira [5] enfatiza este aspeto, quando explicita que “o processo de aquisição de uma língua estrangeira pode caracterizar-se como uma construção criativa em que o aluno, apoiando-se num conjunto de estratégias a partir do *input* linguístico recebido, formula hipóteses para elaborar regras que configuram a representação interna do novo sistema. É o que se aprende, mas também o como se aprende” (p. 5).

As duas turmas envolvidas no estudo colaboraram de forma excecional nas atividades propostas, sendo também muito importante o papel do docente da disciplina na promoção do blogue junto dos alunos.

Em suma, recorrer a um blogue como estratégia de apoio ao processo de ensino e de aprendizagem, permite uma grande diversidade de possibilidades para trabalhar o espanhol como língua estrangeira, com alunos de diferentes idades e níveis de ensino. Acreditamos que o sucesso desta experiência possa contagiar e inspirar outros docentes a utilizarem as ferramentas Web 2.0 no contexto educativo, particularmente no processo de ensino e de aprendizagem de uma língua estrangeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CASTELLS, M. (2011). *A Sociedade em Rede. A era da informação: economia, sociedade e cultura*, vol. I. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- [2] PRENSKY, M. (2001), *Digital natives, digital immigrants. On the horizon*, MCB University Press, v. 9, n. 5, 2001, p.1-6. Disponível: <http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf> (acedido em 10 de janeiro de 2014)
- [3] BASTOS, A. M. (2011). *A Utilização da Tecnologia Educativa pelos Professores do 1º Ciclo do Concelho de Vila Real: os Desafios de uma Escola Informada*. Tese de Doutoramento. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- [4] GOMES, M. J. (2005). “Blogs: um recurso e uma estratégia pedagógica”, – VII Simpósio Internacional de Informática Educativa – SIEE05 Disponível: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4499/1/Blogs-final.pdf> (acedido em 17 de Abril de 2014)
- [5] Ministério da Educação (1997). *Programa de Espanhol. Programa e Organização Curricular, Ensino Básico 3º Ciclo*. Disponível: http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/ficheiros/eb_espanhol_programa_3c_iniciacao.pdf (acedido em 18 de fevereiro de 2014)

Análise de Soluções de Autenticação e Autorização para Arquiteturas Orientadas a Serviço

Solutions Analysis of Authentication and Authorization for Service Oriented Architectures

Alysson de Sousa Ribeiro

Departamento de Ciências da Computação (CIC),
Universidade de Brasília(UnB)
Brasília, Distrito Federal, Brasil
alyssonribeiro@unb.br

Edna Dias Canedo

Faculdade UnB Gama (FGA), Universidade de
Brasília (UnB)
Gama, Distrito Federal, Brasil
ednacanedo@unb.br

Resumo — A Arquitetura Orientada a Serviço (SOA) traz benefícios como baixo acoplamento e interoperabilidade sendo bastante utilizada para a integração de aplicações dentro de uma companhia. Essa característica faz com que a arquitetura SOA seja utilizada na modernização de sistemas legados que vem sendo discutida no Centro de Informática (CPD) da Universidade de Brasília (UnB). No entanto, essas características trazem problemas de segurança. Esse artigo apresenta um mapeamento sistemático a cerca dos mecanismos de autenticação e autorização em SOA e levanta algumas questões de pesquisa, bem como alguns protocolos utilizados.

Palavras Chave - Segurança, Autenticação, Autorização, SOA, OAuth, OpenID, SAML, XACML, WS-*

Abstract — The Service Oriented Architecture (SOA) brings benefits such as loose coupling and interoperability being widely used for integrating applications within a company. This feature makes the SOA architecture is used for the modernization of legacy systems that seeing being analyzed in the Information Technology Centre (CPD) at the University of Brasília (UNB). However, such characteristic brings security problems. This article presents a systematic mapping about the authentication and authorization mechanisms in SOA and raises research questions, as well as some protocols used.

Keywords - Security, Authentication, Authorization, SOA, OAuth, OpenID, SAML, XACML, WS-*

I. INTRODUÇÃO

A modernização de sistemas legados é um tema que vem sendo cada vez mais discutido na Universidade de Brasília (UnB). Esse processo apresenta alguns desafios, dentre eles a integração entre os sistemas que estão sendo modernizados.

Em uma Arquitetura Orientada a Serviços, uma organização pode criar serviços e compartilhá-los de modo a interagir em tempo de execução com outros serviços da instituição ou até de outras organizações [19]. Nesse contexto, SOA tem sido utilizada pelas organizações para apoiar a modernização dos sistemas legados, oferecendo integração entre os sistemas legados e os novos [2,7].

No entanto, essa integração trazida pela arquitetura SOA pode trazer problemas de segurança, como por exemplo, o acesso às informações por agentes não autorizados. Dada a criticidade desses sistemas e informações compartilhadas, preocupações relacionadas à segurança devem ser tratadas para implementação de serviços baseados em SOA.

Em um contexto universitário, dados valiosos são utilizados, como resultados de pesquisas, dados de alunos, professores e funcionários, dados administrativos da Universidade, entre outros. Com isso é importante manter a confidencialidade e a autenticidade desses dados, o vazamento de informações confidenciais ou acesso por pessoas devem ser tratados pela solução proposta.

Este artigo apresenta a execução de um mapeamento sistemático com o objetivo de identificar os principais desafios e soluções sobre autenticação e autorização em SOA. Na Seção 2 são apresentados os trabalhos relacionados ao tema. A Seção 3 descreve o protocolo de estudo utilizado. Na Seção 4 são apresentados os resultados obtidos através do mapeamento sistemático. Na Seção 5 são apresentadas as conclusões, quais as impressões obtidas no decorrer do estudo e os objetivos a serem traçados em trabalhos futuros.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

O trabalho iniciado por Aguilar em [2] propõe o uso da arquitetura SOA utilizando um barramento aderente ao estilo Representational State Transfer (REST) na modernização de sistemas legados da Universidade de Brasília. A solução denominada ErlangMS é um barramento orientado a serviço (*Enterprise Service Bus*, ESB) é desenvolvido na linguagem Erlang, utiliza o formato JSON para troca de mensagens com o cliente. O barramento de serviços é baseado no conceito de catálogo de serviços, permitindo a reusabilidade dos componentes de software, uma vez que, estando o serviço publicado no barramento de serviços, ele poderá ser acessado por outras aplicações. O estudo apresentou o mapeamento sistemático realizado e o estudo de caso já iniciado.

O estudo [1] apresenta uma avaliação sobre as técnicas, ferramentas e procedimentos utilizados para garantir a segurança em SOA. Para isso foi feito um mapeamento

sistemático utilizando a *string*: *SOA and SECURITY* nas bibliotecas IEEE Xplorer, ACM e DBLP, após todas as etapas do mapeamento foram selecionados 25 artigos no total. O estudo propõe um protocolo de autenticação e autorização seguro, compatível com um barramento ESB semelhante ao abordado em [2]. O protocolo é aderente à arquitetura *Representational State Transfer* (REST), tem como finalidade possibilitar que uma arquitetura orientada a serviços possa ser adotada como alternativa única de integração e incorpora mecanismos de segurança tais como: criptografia, assinatura digital e o uso de certificados digitais. O protocolo é analisado de acordo com a lógica BAN.

III. MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

Um mapeamento sistemático consiste em uma pesquisa da literatura para determinar quais estudos abordam uma questão definida, onde foram publicados, em que bibliotecas tenham sido indexados, que tipo de resultados foram retornados [5]. O objetivo deste mapeamento sistemático é responder as seguintes questões de pesquisa:

A. Questões de Pesquisa

- Quais problemas de autenticação e autorização encontrados em sistemas que utilizam a arquitetura SOA?
- Quais os principais protocolos utilizados para autenticação e autorização em SOA?
- Qual o impacto ao se implementar um protocolo de autenticação segura em SOA?

B. Estratégia de Busca

A busca ocorreu em bibliotecas digitais. A construção da *string* de busca seguiu a estratégia definida por [8] que consiste em identificar palavras-chaves a partir das questões de pesquisa e utiliza os conectores lógicos *AND* para combinar as palavras-chaves e *OR* para combinar os termos alternativos ou sinônimos.

Como resultado da estratégia foi obtida a seguinte *string* de busca:

((Authentication AND authorization) OR "Access Control" OR Security) AND (SOA OR ESB)

As bibliotecas digitais utilizadas para a busca foram: IEEE xplore, ACM, Springer Link e ScienceDirect.

C. Critérios de Inclusão/Exclusão e Procedimentos de Seleção

Os critérios de inclusão e exclusão foram definidos para selecionar os trabalhos mais relevantes em relação às questões investigadas. Para isso foram analisados inicialmente o título, o resumo, a introdução e a conclusão dos estudos.

Os critérios de inclusão foram:

- C11*) Estudos publicados no período compreendido do ano de 2006 até 2016 e que satisfizessem a *string* de busca.
- C12*) Estudos que estão disponíveis de forma gratuita nos idiomas inglês ou português.

Os critérios de exclusão foram:

CE1) Estudos não tratam de autenticação ou autorização em SOA ou tratam de maneira superficial;

CE2) Estudos incompletos, como apenas resumos e resumos expandidos.

CE3) Estudos com menos de quatro páginas.

D. Processo de Extração dos Dados

Na etapa de busca descrita na seção II.B foi obtido um número grande de artigos. Para refinar a busca foram excluídos inicialmente estudos que claramente não teriam contribuição para o trabalho, por exemplo, estudos de outras áreas do conhecimento (medicina, matemática), estes estudos puderam ser facilmente eliminados através dos filtros presentes nas páginas das bibliotecas digitais. Nesta etapa foram analisados ainda os títulos, os resumos e as palavras-chave.

Na segunda etapa foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão definidos na seção II.C. A Tabela 1 resume as etapas do processo de extração de dados.

TABLE I. RESULTADOS DOS PROCESSOS DE SELEÇÃO

Etapa 1			Etapa 2			
Fontes	Retornados	Relevantes	Excluídos			Incluídos
			QE1	QE2	QE3	
IEEE	45	31	10	2	3	16
ACM	89	18	7	0	0	11
ScienceDirect	2238	10	4	0	0	6
Springer Link	1200	9	6	0	1	2
Total	3572	68	27	2	4	35

E. Análise inicial

Obtiveram-se com isso 35 estudos (listados na tabela II) que foram classificados de acordo com os campos a seguir:

- Veículo de publicação: Fontes de Pesquisa e conferências ou jornais da publicação.
- Biblioteca digital;
- Ano da publicação;
- Protocolos Abordados
 - Oauth;
 - OpenID;
 - SAML;
 - XACML;
 - Solução própria.

TABLE II. ESTUDOS SELCIONADOS

E1,Tassanaviboon, Anuchart, and Guang Gong. Oauth and abe based authorization in semi-trusted cloud computing: aauth.	E13,Alam, Masoom, et al. Behavioral Attestation for Web Services using access policies.	E25,Lopez, Gabriel, et al. A network access control approach based on the AAA architecture and authorization attributes.
E2,Torroglosa-García, Elena, et al. Integration of the OAuth and Web Service family security standards.	E14,Al-kofahi, Majd, Su Chang, and Thomas E. Daniels. SCWIM an Integrity Model for SOA Networks.	E26,Shang, Chaowang, et al. SAML Based Unified Access Control Model for Inter-platform Educational Resources.
E3,Sliman, Layth, et al. Single sign-on integration in a distributed enterprise service bus.	E15,Qi-ru, Peng, et al. An authentication and authorization solution supporting SOA-based distributed systems.	E27,Wolf, Martin, et al. A message meta model for federated authentication in service-oriented architectures.
E4,do Prado Filho, Tito Gardel, and Cassio Vinicius Serafim Prazeres. MultiAuth-WoT: a Multimodal Service for Web of Things Authentication and Identification.	E16,Nagarajan, Aarthi, Vijay Varadharajan, and Nathan Tarr. Trust enhanced distributed authorisation for web services.	E28,Li, Jun, and Alan H. Karp. Access control for the services oriented architecture.
E5,Memeti, Agon, et al. A framework for flexible REST services: Decoupling authorization for reduced service dependency.	E17,Boehm, Oliver, et al. Federated Authentication and Authorization: A Case Study.	E29,El Yamany, Hany F., and Miriam AM Capretz. An authorization model for Web Services within SOA.
E6,Cirani, Simone, et al. Iot-oas: An oauth-based authorization service architecture for secure services in iot scenarios.	E18,Sabbari, Mehdi, and Hadiseh Seyyed Alipour. Improving attribute based access control model for web services.	E30,Mazzoleni, Pietro, et al. XACML policy integration algorithms.
E7,Field, John P., Stephen G. Graham, and Tom Maguire. A framework for obligation fulfillment in REST services.	E19,Jarmakiewicz, Jacek, and Tomasz Podlasek. Design and implementation of multilevel security subsystem based on XACML and WEB services.	E31,Turkmen, Fatih, and Bruno Crispo. Performance evaluation of XACML PDP implementations.
E8,Tokunaga, Kazuhiro, et al. IMS presence authorization applied to Web applications using REST.	E20,Noureddine, Moustafa, and Rabih Bashroush. An authentication model towards cloud federation in the enterprise.	E32,Xu, Jie, et al. Dynamic authentication for cross-realm SOA-based business processes.
E9,Richardson, Leonard. Developers enjoy hypermedia, but may resist browser-based OAuth authorization.	E21,Noureddine, M., and R. Bashroush. A provisioning model towards OAuth 2.0 performance optimization.	E33,Thomas, Ivonne, Michael Menzel, and Christoph Meinel. Using quantified trust levels to describe authentication requirements in federated identity management.
E10,Hollrigl, T., et al. Towards systematic engineering of Service-Oriented access control in federated environments.	E22,González, Jorge Fontenla, et al. Reverse OAuth: A solution to achieve delegated authorizations in single sign-on e-learning systems.	E34,Yao, Danfeng, et al. Decentralized authorization and data security in web content delivery.
E11,Hummer, Waldemar, et al. An integrated approach for identity and access management in a SOA context.	E23,Nordbotten, Nils Agne. XML and web services security standards.	E35,Han, Song, et al. Secure web services using two-way authentication and three-party key establishment for service delivery.
E12,Alipour, Hadiseh Seyyed, Mehdi Sabbari, and Eslam Nazemi. A policy based access control model for web services.	E24,Durbeck, Stefan, et al. A Semantic Security Architecture for Web Services The Access-eGov Solution.	

IV. RESULTADOS

Nesta seção é apresentado um resumo dos resultados do mapeamento sistemático organizado de acordo com as questões de pesquisa definidas na seção II.A.

A. QP1) Quais problemas de autenticação e autorização encontrados em sistemas que utilizam a arquitetura SOA?

O objetivo desta questão é selecionar os principais desafios para autenticação e autorização em SOA.

1) Heterogeneidade de Soluções e integração de serviços

A heterogeneidade de soluções para autenticação em SOA pode prejudicar a interoperabilidade de serviços que utilizam a arquitetura.

O problema abordado pelo artigo [17] consiste na heterogeneidade relacionada aos tipos distintos de concessão da autorização e de *tokens* de acesso relacionados às diferentes implementações do OAuth. Esta heterogeneidade pode ser combatida através da integração com o WS-Trust, que é especialmente destinado a oferecer mecanismos de integração entre os serviços que implementam especificações WS-*

Os estudos [6, 13, 14, 15, 16] também abordam o problema da integração de serviços em domínios inter organizacionais. Estes estudos propõem soluções próprias ou customização de soluções existentes de federação de identidade para solucionar o problema. Já o estudo [9] aborda uma solução seguindo o padrão SAML.

2) Ponto único de falha

Uma solução adotada para autorização em SOA é denominada de *Single Sign-On (SSO)*, a ideia principal desse tipo de solução é centralizar o gerenciamento de usuários, liberando os usuários de lembrar uma quantidade grande de credenciais. No entanto esta abordagem tem algumas limitações. Em primeiro lugar, centralizando os resultados da gestão de usuário em um ponto único de falha. Em alguns casos, nenhum dos sistemas é acessível quando a solução de SSO falhar. Além disso, uma solução SSO requer armazenamento central de informações do usuário. Isto só é possível, se todos os sistemas estão em um domínio localizado na mesma administração, por exemplo, sob o controle de uma empresa [18].

3) Vulnerabilidades relacionadas a ataques DoS

O aumento no número de processos e de troca de mensagens introduzidos por um protocolo de autenticação pode potencializar o impacto de um ataque de negação de serviço (DOS).

Os estudos [11] e [12] apresentam uma customização do protocolo OAuth 2.0 com o objetivo de reduzir as chances de ataques DoS (Denial-of-Service) e DDoS (Distributed Denial-of-Service).

A biblioteca digital que mais retornou estudos foi o IEEE xplorer com 47%, seguido pela ACM (33%), ScienceDirect (17%) e Springer Link (3%), conforme apresenta a Figura 1.

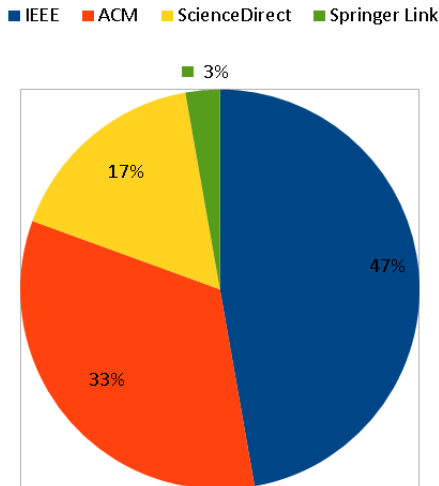


Figure 1. Bibliotecas Digitais

Os estudos selecionados pertencem a 31 conferências ou revistas distintas, os veículos que mais retornaram artigos foram a SWS - Secure Web Services (3) e a WS-REST - Workshop on Web APIs and RESTful Design (2). Os restantes dos veículos tiveram uma publicação cada.

A Figura 2 mostra a distribuição dos estudos pelo ano da publicação. Os estudos estão distribuídos entre os anos de 2007 e 2015, lembrando que artigos anteriores a 2006 foram excluídos pelo critério de exclusão 1 definido na seção II.C. Em 2016 não foram encontrados artigos que atendem os critérios definidos.

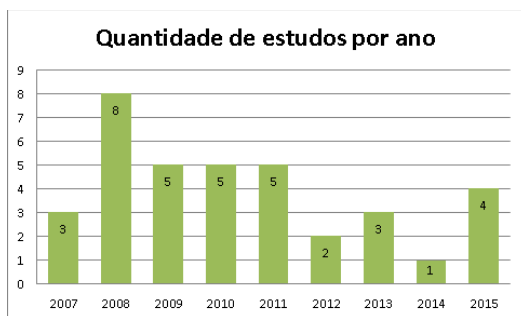


Figure 1. Distribuição dos estudos por ano da publicação

B. QP2) Quais os principais protocolos utilizados para autenticação e autorização em SOA?

O objetivo desta questão é descobrir quais são as soluções de autenticação e autorização em SOA mais abordadas nos estudos atuais. A figura 6 mostra os protocolos abordados no mapeamento sistemático.

Foram abordados 6 tipos de soluções no mapeamento sistemático, o padrão XACML foi mais abordado, sendo citado em 32,4% dos estudos, seguido por novas proposições de protocolos (27%), pelo padrão SAML (24.3%), pelo protocolo OAuth (22,2%), pelas normas WS-* (10,8%) e pelo protocolo OpenID (2,7%).

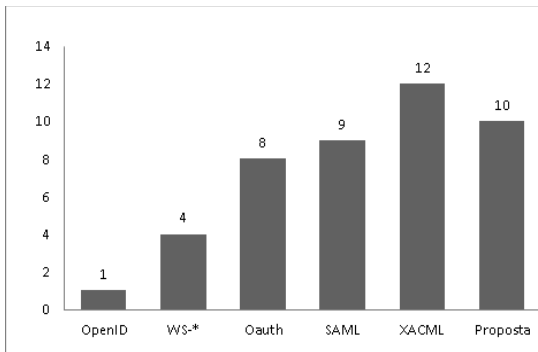


Figure 2. Protocolos Encontrados

O OAuth (*Open Authorization Protocol*) é um protocolo de autenticação e autorização que permite que um aplicativo de terceiros possa obter acesso limitado a um serviço através de trocas de mensagens e *tokens* de acesso [17]. O protocolo utiliza o estilo arquitetural REST e mensagens JSON [12].

O OpenID connect é um protocolo de autenticação *open source* baseado no OAuth [3,1].

Security Assertion Markup Language (SAML) é um padrão aberto desenvolvido pela OASIS. Ele faz uso da linguagem XML para trocar dados de autenticação e autorização entre domínios de segurança, geralmente entre um provedor de identidade e um prestador de serviços [17].

O XACML (*eXtensible Access Control Markup Language*) é um padrão OASIS que compreende basicamente numa linguagem baseada em XML para políticas de controle de acesso e um modelo para avaliar solicitações de autorização. O padrão XACML pode ser utilizado em conjunto com o SAML para transmitir informações de controle de acesso [4]. Por esse motivo os padrões SAML e XACML são citados juntos em cinco dos estudos selecionados.

O nome WS-* é usado para referenciar um conjunto de normas de segurança para XML mantidos pela OASIS [10]. Os padrões WS-Security, WS-Trust, WS-SecureConversation e WS-Policy são exemplos de normas que fazem parte da família WS-*.

C. QP3) Qual o impacto ao se implementar um protocolo de autenticação segura em SOA?

Esta questão visa descobrir o que foi abordado em relação ao impacto de se implementar uma solução de autenticação e autorização em SOA.

Os estudos [15] e [17] apresentaram avaliações sobre impacto da implementação de soluções próprias. Em [17] é apresentado um novo protocolo para autenticação em SOA. Foram realizados testes empíricos para mensurar o impacto da implementação do novo protocolo. São comparados os tempos gastos com transações com e sem autenticação.

O estudo apresenta ainda a porcentagem gasta com cada operação do novo protocolo, conforme mostra a Figura 4. Cerca de 38% é gasto em geração de chaves, 25% é usado por operações adicionais, e cerca de 37% é utilizado com operações de invocações de serviços, por exemplo, geração de instância e de transferência de mensagens.

Time consumption proportions of multi-party authentication protocol

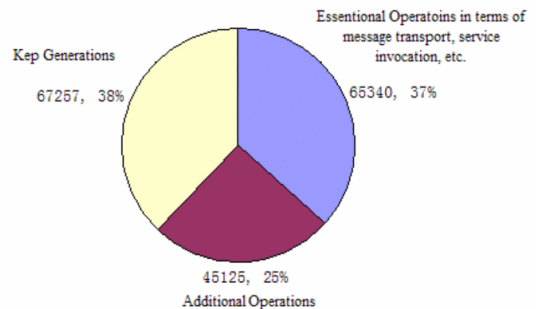


Figure 3. Proporção de consumo de tempo por atividades [17]

V. CONCLUSÕES

Neste artigo foi apresentada uma visão sobre autenticação e autorização em SOA levando em consideração os 35 artigos selecionados a partir de um mapeamento sistemático. Estes estudos foram utilizados para responder às questões de pesquisas definidas.

Com o mapeamento foi possível identificar as principais soluções apresentadas para autenticação e autorização em SOA. O problema mais abordado nos estudos está relacionado à variedade de soluções relacionada a transações inter organizacionais. A criação de soluções próprias foi a abordagem mais utilizada para a solução deste problema. Uma explicação para isso é a diversidade de soluções de autenticação em SOA implementada pelas organizações e a inexistência de um padrão global para autenticações inter organizacionais.

Os protocolos mais utilizados foram listados para responder a questão de pesquisa 2 (QP2). Com isso é possível ter uma visão atualizada sobre os padrões utilizados atualmente sobre autenticação e autorização em SOA. Dentre os protocolos listados destacam-se o protocolo OAuth e o padrão SAML

(podendo ser utilizado em conjunto com XACML). Ambos os protocolos podem ser implementados utilizando normas da família WS-*, conforme mostram os trabalhos [10] e [17], garantido uma maior interoperabilidade entre domínios de segurança.

Dois artigos dentre os encontrados abordam a questão do impacto referente à implementação de um protocolo. É possível observar o aumento do tempo de processamento introduzido pelos protocolos de autenticação e a porcentagem gasta por cada tarefa do protocolo.

F. Trabalhos Futuros

Para a continuidade do trabalho pretende-se:

- Selecionar o protocolo mais adequado para a UnB dentre os listados nos estudos;
- Implementar o protocolo selecionado em uma arquitetura SOA que apoie a modernização dos sistemas legados da UnB dando continuidade ao trabalho iniciado em [2];
- Realizar estudos de caso para testar a eficiência do protocolo de autenticação implementado.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Centro de Informática e ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília pelo apoio ao projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] R. A. da Conceição. Um Protocolo de Autenticação e Autorização Seguro para Arquiteturas Orientadas a Serviços. PhD thesis, Universidade de Brasília, 2014.
- [2] E. de Vargas Agilar and R. B. de Almeida. Uma abordagem orientada a serviços para a modernização dos sistemas legados da unb. 2015.
- [3] T. G. do Prado Filho and C. V. S. Prazeres. Multiauth-wot: A multimodal service for web of things authentication and identification. In Proceedings of the 21st Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, WebMedia'15, pages 17-24, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [4] S. Durbeck, C. Fritsch, G. Pemul, and R. Schillinger. A semantic security architecture for web services the access-egov solution. In Availability, Reliability, and Security, 2010. ARES '10 International Conference on, pages 222-227, Feb 2010.
- [5] A. P. GUIDE. Systematic reviews in the social sciences.
- [6] W. Hummer, P. Gaubatz, M. Strembeck, U. Zdun, and S. Dustdar. An integrated approach for identity and access management in a soa context. In Proceedings of the 16th ACM Symposium on Access Control Models and Technologies, SACMAT'11, pages 21- 30, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [7] M. B. Juric. SOA Approach to Integration: XML, Web services, ESB, and BPEL in real-world SOA projects. Packt Publishing Ltd, 2007.
- [8] S. Keele. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. In Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE. 2007.
- [9] J. Li and A. H. Karp. Access control for the services oriented architecture. In Proceedings of the 2007 ACM Workshop on Secure Web Services, SWS '07, pages 9-17, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [10] N. Nordbotten. Xml and web services security standards. Communications Surveys Tutorials, IEEE, 11(3):4-21, rd 2009.
- [11] M. Nouredine and R. Bashroush. A provisioning model towards oauth 2.0 performance optimization. In Cybernetic Intelligent Systems (CIS), 2011 IEEE 10th International Conference on, pages 76-80, Sept 2011.
- [12] M. Nouredine and R. Bashroush. An authentication model towards cloud federation in the enterprise. Journal of Systems and Software, 86(9):2269-2275, 2013.
- [13] P. Qi-ru, W. Cheng, W. Jing, L. Jun, L. Qing, and S. Bei-en. An authentication and authorization solution supporting soa-based distributed systems. In Software Engineering and Service Sciences (ICSESS), 2010 IEEE International Conference on, pages 535-538, July 2010.
- [14] L. Sliman, Y. Badr, F. Biennier, N. Salatge, and Z. Nakao. Single sign-on integration in a distributed enterprise service bus. In Network and Service Security, 2009. N2S '09. International Conference on, pages 1-5, June 2009.
- [15] A. Tassanavihoon and G. Gong. Oauth and abe based authorization in semi-trusted cloud computing: Aauth. In Proceedings of the Second International Workshop on Data Intensive Computing in the Clouds, DataCloud-SC '11, pages 41-50, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [16] I. Thomas, M. Menzel, and C. Meinel. Using quantified trust levels to describe authentication requirements in federated identity management. In Proceedings of the 2008 ACM Workshop on Secure Web Services, SWS '08, pages 71-80, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [17] E. Torroglosa-García, A. D. Perez-Morales, P. Martinez-Julia, and D. R. Lopez. Integration of the oauth and web service family security standards. Computer networks, 57(10):2233-2249, 2013.
- [18] M. Wolf, I. Thomas, M. Menzel, and C. Meinel. A message meta model for federated authentication in service-oriented architectures. In Service-Oriented Computing and Applications (SOCA), 2009 IEEE International Conference on, pages 1-8, Jan 2009.
- [19] J. Xu, D. Zhang, L. Liu, and X. Li. Dynamic authentication for cross-realm soa-based business processes. Services Computing, IEEE Transactions on, 5(1):20-32, Jan 2012.

Factores del Contexto Tecnológico de los e-CRM en los Hoteles Españoles

e-CRM's Technological Context Factors in Spanish Hotels

Margarita Calvo-Aizpuru, Zenona González-Aponcio

Departamento de Dirección de Empresas e Historia Económica, Universidad de La Laguna
San Cristóbal de La Laguna, España
marcal@ull.edu.es, zaponcio@ull.edu.es

Resumen — El objetivo de este trabajo es analizar los factores del contexto tecnológico que utilizan los hoteles españoles en los sistemas e-CRM tomando como base el Modelo de Chang, Liao y Hsiao (2005). Los datos se recogen de las web corporativas y se analizan aplicando el Modelo de Rasch (1961). Los resultados obtenidos indican que el contexto tecnológico del e-CRM en los hoteles españoles se fundamenta en mayor medida en el análisis de la información de los clientes que en la integración de las tecnologías e-CRM, y ambos factores están condicionados por el tamaño del hotel.

Palabras Clave – e-CRM; web corporativa; tecnologías de información; hoteles.

Abstract — This paper analyzes the factors technological context that uses Spanish hotels in the e-CRM systems. It is built on the model of Chang, Liao and Hsiao (2005). The data are collected from corporate web and analyzed using Rasch Model (1961). The results indicate that the technological context of e-CRM is based more on the analysis of customer information than in the integration of e-CRM technologies. Both factors are conditioned by the size of the hotel.

Keywords - e-CRM; corporate website; information technologies; hotels.

I. INTRODUCCIÓN

Las soluciones empresariales diseñadas para apoyar una estrategia CRM (Customer Relationship Management) surgen a principios de los años noventa para integrar la información y los procesos empresariales externos que no cubrían las aplicaciones ERP (Enterprise Resource Planning). Posteriormente, con la incorporación de las tecnologías de Internet, las empresas pueden interactuar con los clientes en un entorno virtual. Ello ha dado lugar a la aparición de los sistemas e-CRM, pudiendo optar a e-CRMs operacionales, analíticos y colaborativos.

La pronta incorporación de las aplicaciones CRMs en los hoteles, significa la virtualización de la cadena de valor y de las relaciones con su entorno más cercano. Es decir, afecta tanto al nivel operativo, al apoyar las actividades que implican un mayor acercamiento al cliente, como al nivel táctico y estratégico. Igualmente, facilitan la mejora de la calidad del

servicio porque pueden optimizar el diseño de los servicios y su prestación, siempre que las características de la web corporativa del hotel hagan posible la personalización de la oferta a cada cliente virtual y favorezca un conocimiento superior de éste.

En este sentido, el uso que los clientes hacen de la web corporativa del hotel aporta información que puede ser relevante para mejorar e innovar en los servicios que prestan. Por tanto, el interés de este estudio está centrado en el análisis de los factores que conforman el contexto tecnológico de los sistemas e-CRM (Electronic-Customer Relationship Management) en los hoteles españoles.

El trabajo se estructura en cinco apartados además de la introducción. En el primer apartado se realiza la revisión teórica y se define el modelo de investigación; en el segundo se plantea la metodología seguida incluyendo el ámbito de investigación, la muestra y la medida de las variables; en el tercero se presenta el análisis de los datos y la interpretación de los resultados; en el cuarto se expone la discusión de los resultados; y finalmente en el quinto apartado se presentan las principales conclusiones del trabajo.

II. REVISIÓN TEÓRICA Y MODELO DE INVESTIGACIÓN

La primera investigación relevante sobre los e-CRM en las empresas fue la de Chen y Chen [1], quienes afirman que los factores críticos de su éxito son los siguientes: el triunfo en liderazgo, el marketing interno, la gestión del conocimiento, el ajuste estratégico entre negocio y tecnologías de la información (TI), la integración del sistema, y el cambio tanto de cultura como de estructura. Y añaden que realmente los factores más habituales son la gestión del conocimiento y la integración del sistema.

Chang, Liao, y Hsiao [2] desarrollan un modelo de investigación para identificar cuáles son los factores que influyen en el resultado del e-CRM basado en el marco TOE [3]. Este modelo propone los siguientes elementos: la medida de sus resultados, el entorno tecnológico, el apoyo organizativo y el contexto ambiental. De este modo, mantienen que para medir los resultados del e-CRM en las empresas es suficiente

considerar la lealtad del cliente, la eficacia de los procesos internos, la gestión de los canales y la innovación.

Jun, y Yongcai [4] declaran que el sistema e-CRM es la conexión clave entre los procesos internos de las empresas y los virtuales. Es decir, es el puente que conecta el entorno interno y externo, al tiempo que los clientes se convierten en el punto de conexión de la combinación de recursos internos y el mercado, y de esta forma poder fusionar los recursos y habilidades internos con la ventaja competitiva externa.

Milović [5] sostiene que la incorporación de sistemas e-CRM en las empresas repercute positivamente sobre los resultados del negocio ya que afectan al nivel de retención de clientes, a los ingresos y a la rentabilidad, a los costes internos, a los costes de comercialización y a la calidad del servicio, etc. Y todo ello puede generar ventajas competitivas sostenibles.

Respecto al sector turístico, las investigaciones sobre la implantación de aplicaciones e-CRM en los hoteles tienen su origen en estudios que evalúan el diseño y uso que hacen de sus web corporativas. En concreto, la primera que se ha encontrado después de un minucioso análisis de la bibliografía es la de Murphy, Forrest, Wotring y Brymer [6]. Estos autores se centran en los vínculos entre la dirección del hotel y el marketing que proyectan en la web analizando la promoción, el servicio y la información suministrada al consumidor, la interactividad y la tecnología del sitio, y la gestión del hotel.

Posteriormente, Minghetti [7] propone un sistema de información de clientes para los hoteles que proporcione información sobre las relaciones que se establecen entre ambas partes y los perfiles de los clientes. Y Scharl, Wöber y Bauer [8] investigan la eficacia de la web corporativa de los hoteles europeos, descubriendo que la información y la interactividad son los factores más importantes para el éxito de la dicha web. Baloglu y Pekcan [9] también estudian la interactividad, la navegación y la funcionalidad de la web corporativa de los hoteles de Turquía y las actuaciones en marketing, encontrando que la mayoría no utiliza totalmente Internet y el e-marketing.

La investigación que aborda por primera vez una visión más cercana a los sistemas e-CRM en el ámbito de los hoteles es la que efectúan Bai, Hu y Jang [10]. Estos autores formulan un modelo e-RM (e-Relationship Marketing) y hallan que pocos hoteles alcanzan un alto nivel de e-RM, medido según si son responsables, proactivos y/o se asocian con otras empresas.

En España, Meléndez y Moreno [11] presentan un modelo integrador de éxito para implantar una estrategia CRM en los hoteles. Éste incluye factores organizativos, tecnológicos, de gestión del conocimiento y de orientación al cliente. Y en un estudio posterior [12], además de describir detalladamente dichos factores y proponer escalas para medirlos, muestran cómo los hoteles de una determinada categoría, con un nivel de integración en la cadena o de un tamaño concreto son más proclives a la utilización de sistemas CRM.

Estos mismos autores [13] concluyen que en el sector hotelero español destaca el efecto mediador que ejercen las variables organizativas con respecto a la influencia de otros factores como el mercado, la gestión del conocimiento y las tecnologías en los resultados de la implantación del sistema

CRM, influenciados además por la experiencia previa de los hoteles al respecto.

Más tarde, Papaioannou, Kariofyllas, Koronios, Kourtesopoulou y Kriemadis [14] investigan el uso de Internet como herramienta estratégica para el e-CRM en los hoteles de lujo de Grecia. Encuentran que los hoteles han de desarrollar una estrategia clara que suponga un proceso integral centrado en la creación de una comunicación bidireccional con los clientes para conocer profundamente sus necesidades, deseos y patrones de compra.

Finalmente, Mekkamol, Piewdang y Untachai [15] proponen un modelo para medir el e-CRM del turismo comunitario en el noreste de Tailandia y defienden que está formado por cuatro dimensiones: la conveniencia de la compra, la interactividad y el carácter de la web corporativa, y la atención al cliente online. Asimismo, demuestran que existe una relación directa entre la conveniencia de compra y la interactividad de la web, entre el carácter de la web y su interactividad, y entre ésta y la atención al cliente online.

Este trabajo se enmarca en el análisis del sistema e-CRM de los hoteles españoles utilizando el contexto tecnológico del e-CRM que define el modelo de Chang, Liao y Hsiao [2], y que se fundamenta en dos factores para identificar qué elementos influyen en el resultado de un e-CRM: el análisis de la información del cliente o capacidad de predecir e interpretar el comportamiento del cliente y la integración de las tecnologías e-CRM o capacidad de las empresas para convertir las tecnologías de Internet en capacidades que creen valor.

Por ello, el objetivo de este trabajo es analizar los factores del contexto tecnológico que utilizan los hoteles españoles en los sistemas e-CRM. Para obtener resultados en consonancia con dicho objetivo, se plantean las siguientes hipótesis:

- a) Hipótesis 1: Los hoteles españoles analizan la información de los clientes empleando TI.
- b) Hipótesis 2: Los hoteles españoles integran tecnologías e-CRM.
- c) Hipótesis 3: El análisis de la información de los clientes y la integración de tecnologías e-CRM de los hoteles españoles depende de su tamaño.

III. METODOLOGÍA

A. *Ámbito de la investigación y muestra*

La investigación se centra en el sector hotelero español, donde el número de establecimientos ha permanecido constante a lo largo de los últimos años y, según datos del INE [16], las pernoctaciones y la facturación se han incrementado respecto de años anteriores. Estos datos refuerzan aún más el alcance del sector en la economía española y su capacidad de resistencia ante épocas de recesión y crisis económicas extendidas a nivel mundial.

El informe presentado por ONTSI [17] sobre la implantación de las tecnologías de información (TI) en las pymes españolas, recoge que sigue siendo difícil implantar sistemas CRM en los hoteles españoles. Ello se debe a razones eminentemente económicas y de adaptación a la continua

evolución de las TI, a pesar de que la principal fortaleza de los hoteles en este sentido es el alto grado de concienciación que tienen los directivos sobre las ventajas que proporcionan.

Respecto a la inversión que han realizado los hoteles en TI, según los datos publicados por el INE [18] y [16], ha habido un incremento de la inversión en aplicaciones empresariales en los hoteles pequeños del 37% y en los hoteles grandes, donde ha sido muy elevado (253%). Todo lo contrario ha ocurrido en los hoteles medianos, donde se ha producido una disminución del 72% respecto del año 2014.

Actualmente, los hoteles españoles son las empresas que más utilizan la web corporativa como herramienta de marketing y comercialización [19], y entre los servicios habituales se encuentran los pedidos online y los vínculos a sus perfiles en las redes sociales.

Determinado el ámbito de la investigación, se procede a identificar la población objeto de estudio. La base de datos empleada es SABI Sistema de Análisis de Balances Ibéricos de la empresa Einforma. Los criterios aplicados para seleccionar la muestra fueron los siguientes: (a) eliminar los hoteles no activos económicamente; (b) considerar únicamente los hoteles y alojamientos similares porque incluir los apartamentos turísticos de corta estancia, campings y aparcamientos de caravanas, y otros alojamientos, implicaría agregar información de sectores totalmente heterogéneos; y (c) incluir sólo los hoteles con más de 10 empleados y unos ingresos de explotación mínimos de 2.000.000 €. Finalmente, aplicando un muestreo estratificado con afijación proporcional se estimó una muestra de 75 hoteles con tres estratos: 36 pequeños (47.9%), 33 medianos (44.30%), y 6 grandes (7.8%).

B. Medida de las variables

Los datos fueron recogidos durante las dos primeras semanas del mes septiembre de 2015 usando la metodología de evaluación por características de un sitio web [19] ya que ofrece flexibilidad a la hora de evaluar las propiedades de la página, permite valorar directamente las percepciones de los visitantes ([20], [21] y [22]) y actúa como plataforma entre los hoteles y sus clientes ([23], [24], [25], [26], [27] y [28]).

Por este motivo, los datos relacionados con los factores del contexto tecnológico del e-CRM de cada hotel analizado fueron recogidos de la web corporativa asignándoles el valor 1 si incorporan los ítems definidos y el valor 0 en caso contrario. Así, los ítems utilizados para observar dichos factores según el modelo de Chang, Liao y Hsiao [2] fueron los siguientes:

1. Para el factor "Análisis de la información de los clientes": ofertas y publicidad, segmentación de clientes, blog, redes sociales horizontales y redes sociales verticales.
2. Para el factor de "Integración de las tecnologías e-CRM": e-commerce, servicio de agencias de viaje online, sistemas de información inter-organizacionales y servicios a través de dispositivos móviles.

El grupo de ítems elegido para delimitar el primer factor se justifica porque conllevan necesariamente la recogida de información sobre los clientes en un entorno virtual para su tratamiento posterior. Y la principal razón para seleccionar el conjunto de ítems que conforman el segundo factor es que son

servicios que para su prestación necesitan apoyarse en sistemas que cuenten con aplicaciones para la gestión integral del hotel.

IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

A. Análisis de los datos

La técnica utilizada para el análisis de los datos es el Modelo de Rasch [29] dicotómico porque es un sistema de medición objetiva que garantiza resultados que reflejan la situación real del constructo analizado para muestras pequeñas [30]. Es un modelo sencillo que al representar en una única dimensión a sujetos e ítems permite hallar su dificultad y la probabilidad de que sean corroborados con éxito.

Los datos se trataron mediante el programa informático Ministep Winsteps Student-Evaluation [31] que establece un procedimiento de máxima verosimilitud incondicional para la estimación de los parámetros de los ítems y de los hoteles. Para conocer si los datos se ajustan al modelo, el programa aporta como estadísticos de ajuste los residuales cuadráticos medios y estandarizados. El Infit, o estadístico de ajuste interno, es sensible a comportamientos inesperados de los ítems situados próximos al nivel de habilidad de los hoteles. Y el Outfit, o estadístico de ajuste externo, es sensible a comportamientos inesperados de los ítems situados lejos del nivel de habilidad de los hoteles [32].

En una primera aplicación del Modelo de Rasch se perciben niveles no aceptables en algunos hoteles a partir de la consideración de los estadísticos de ajuste MNSQ (media cuadrática de ajuste interno que tiene una expectativa de 1) y ZSTD (media cuadrática de los residuales que toma valores lógicos aceptables de -2 a +2) de los estadísticos de validez Infit y Outfit. Ello lleva a descartar 14 hoteles del instrumento de medida por sus efectos negativos y proceder a una nueva ejecución del programa.

El nuevo proceso confirma el ajuste logrado ya que permite presentar una fiabilidad de las medidas de los hoteles que varía entre 0,66 (real) y 0,73 (modelo) y en el caso de los ítems definitivos de los dos factores del contexto tecnológico de los e-CRM es de 0,96 en ambas situaciones (Tabla I). Asimismo el coeficiente alfa de Cronbach (0,72) es aceptable [33] y las correlaciones entre hoteles e ítems es elevada (0,98). En definitiva, la ordenación de los ítems según su dificultad y nivel del constructo que explican es consistente con el puesto que ocupa cada hotel analizado y, además, proporciona una bondad de ajuste aceptable. Por otro lado, el análisis de los estadísticos Infit y Outfit confirma el ajuste logrado, pues los ítems y los hoteles que permanecen mantienen estadísticos admisibles a nivel de medias MNSQ y varianza estándar ZSTD.

Por tanto, la variable latente contexto tecnológico del e-CRM es continua y consistente con los hoteles analizados así como entre ítems, representando el grado que poseen los hoteles respecto de una determinada característica (Tabla I).

B. Resultados

Los datos resultantes del análisis permiten situar a hoteles e ítems en una única línea recta mediante el mapa de Wright [34]. Éste se basa en las correlaciones entre interacciones y en la jerarquización de los hoteles y los ítems para ilustrar el

histograma con la localización de cada uno de ellos en la variable latente. Por consiguiente, la puntuación total de los hoteles tiene toda la información estadística necesaria para determinar el contexto tecnológico del e-CRM (Fig. 1).

TABLA I. FIABILIDAD, SEPARACIÓN, CORRELACIÓN, INFIT Y OUTFIT DE ÍTEMS Y HOTELES EN LA VARIABLE LATENTE

	Ítems	Hoteles
Separación	<i>Real</i>	4.90
	<i>Modelo</i>	5.14
Fiabilidad	<i>Real</i>	0.96
	<i>Modelo</i>	0.73
Correlación		1
Infit	<i>MNSQ</i>	1.03
	<i>ZSTD</i>	0.1
Ooutfit	<i>MNSQ</i>	0.70
	<i>ZSTD</i>	-0.3

La zona izquierda muestra la distribución de frecuencias de las medidas de los hoteles españoles pequeños (P), medianos (M) y grandes (G), y la zona derecha los ítems de los factores de “Análisis de la información de los clientes” e “Integración de las tecnologías e-CRM” del contexto tecnológico del e-CRM.

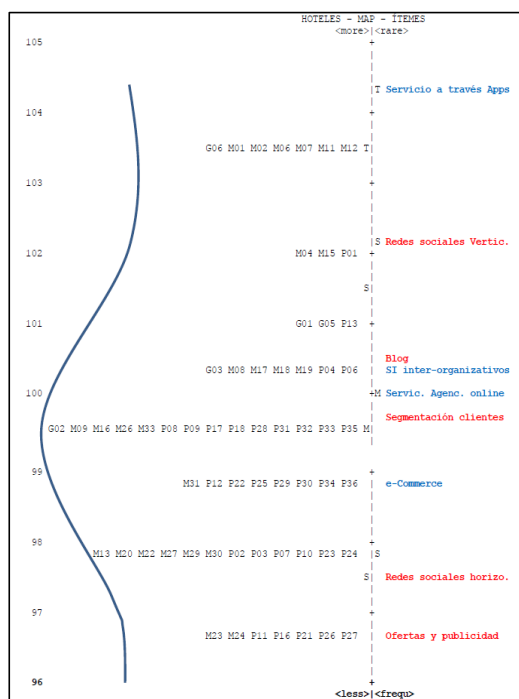


Figura 1. Distribución de los hoteles y la dificultad de los ítems en un continuo de Rasch

Al analizar la zona derecha de la Fig. 1 se aprecia una jerarquía ordenada en sentido decreciente de los ítems según su

medida. Así, los ítems más frecuentes del factor de “Análisis de la información de los clientes” son los que sirven para publicitar productos, ofrecer servicios online y atender la gestión de las redes sociales horizontales. Los siguientes ítems son segmentación de clientes y blog, siendo el ítem con menor frecuencia las redes sociales verticales. Es decir, a los hoteles españoles les es fácil incorporar tecnologías para el análisis de la información que son sencillas, muy extendidas y de bajo coste. En cambio, tienen dificultad cuando las tecnologías son complejas, requieren mayor inversión y formación del personal. Asimismo, los hoteles son remisos a integrar en las web corporativas la evaluación en línea de sus clientes. Por tanto, la Hipótesis 1 que afirma que “Los hoteles españoles analizan la información de los clientes empleando TI” se cumple ya que la mayoría de los hoteles investigados cuentan con tecnologías en la web corporativa que faciliten el análisis de información de sus clientes.

El ítem más frecuente del factor de “Integración de las tecnologías e-CRM” es el e-commerce ya que un 68.9% de los hoteles reúne información de sus clientes sincronizando tareas operacionales y, procesos internos y externos. A continuación se sitúan el servicio de agencias de viaje online y los sistemas de información inter-organizacionales, lo que significa que los hoteles han de impulsar el desarrollo de proyectos que supongan compartir información y procesos con otras empresas y adoptar estrategias de negocios centradas en las interacciones con clientes, con proveedores y, en algunos casos, también con competidores.

Por último, el ítem más difícil de encontrar en las web corporativas de los hoteles es el de los servicios a través de dispositivos móviles. Ello se debe a que los hoteles no mantienen una comunicación fluida con los clientes a través de tecnología móvil que permita definir perfiles diferenciados para satisfacer consultas y aportar información adicional. Además, la posibilidad de combinar aplicaciones móviles y redes sociales verticales mejoraría la difusión de sus contenidos.

En consecuencia, los hoteles con pocos recursos y conocimientos tecnológicos no invierten en integración, interacción, vinculación, colaboración y socialización de sus clientes. Esto conduce a que no logren adaptarse tan rápidamente a entornos virtuales cambiantes y, por tanto, no puedan ofrecer respuestas adecuadas a situaciones concretas de sus usuarios. De este modo, la Hipótesis 2 que afirmaba que “Los hoteles españoles integran tecnologías e-CRM” se cumple parcialmente ya que sólo un tercio son capaces de integrar información relevante de sus clientes y otros agentes a través de la cooperación interactiva y virtual más allá de los límites de la empresa.

Observando la zona izquierda del mapa se distingue que los hoteles medianos y grandes, que se encuentran por encima de la media, incorporan tecnologías de Internet relacionadas con los e-CRM sucediendo lo contrario con los pequeños. Para comprobar si existe un funcionamiento diferencial de ítems entre hoteles pequeños, medianos y grandes se realiza un análisis DIF (Differential Item Function).

Un ítem presenta DIF si los hoteles que tienen la misma capacidad, pero pertenecen a distintos grupos, no tienen la misma probabilidad de poseer el ítem. Para detectar el DIF se

emplea la comparación entre los parámetros de localización de los ítems que presentan un nivel significativo de DIF (Probabilidad<0.05) en la muestra de pequeños, medianos y grandes (Tabla II). Por consiguiente, existen distintos niveles de dificultad en hoteles pequeños y medianos en tres ítems: ofertas y publicidad, e-commerce y blog. Ello supone que hay dos ítems que definen el factor “Análisis de la información de los clientes” y uno del factor “Integración de las tecnologías e-CRM” que tienen mayor dificultad para los hoteles pequeños y medianos, mientras que para los grandes la dificultad es mucho menor [30].

En consecuencia, la Hipótesis 3 que afirmaba que “El análisis de la información de los clientes y la integración de tecnologías e-CRM de los hoteles españoles depende de su tamaño” se valida en este caso porque la inversión, el conocimiento y la gestión de las TI en los pequeños y medianos hoteles es menor que en los hoteles de mayor tamaño [34], y en muchos casos la reticencia al cambio en estos hoteles frena la renovación tecnológica de las empresas, principalmente, en software de gestión integrado y soluciones de comercialización y marketing online. Además, estos resultados coinciden con el informe del ONTSI [17] donde se señala que las tecnologías e-CRM son utilizadas con más frecuencia en las hoteles de gran tamaño.

TABLA II. DESAJUSTE DEL DIF

Grupos	DIF hoteles pequeños	DIF hoteles medianos (2) y grandes (3)	Probabilidad	Ítems
Pequeños = 1	100.6	2 94.0	0.0015	e-commerce
	100.6	3 97.8	0.2085	
	93.3	2 98.5	0.0094	
	93.3	3 96.6	0.4036	Ofertas y publicidad
	99.5	2 102.0	0.0027	Blog
	99.5	3 101.5	0.1284	
Medianos = 2	94.0	1 100.6	0.0015	e-commerce
	94.0	3 97.8	0.1779	
	98.5	1 93.3	0.0094	
	98.5	3 96.6	0.5819	Ofertas y publicidad
	102.0	1 99.5	0.0027	Blog
	102.0	3 101.5	0.7068	

V. DISCUSIÓN

Las web corporativas de los hoteles españoles ofrecen, de forma generalizada, a sus clientes ofertas y publicidad de productos y servicios, además de incorporar vínculos con sus perfiles a las redes sociales horizontales. Ello implica que no utilizan TI para segmentar el mercado. Es decir, los hoteles analizan la información que recogen de los clientes a través de TI pero, en general, no obtienen información para predecir e interpretar su comportamiento y así poder ofrecer productos y servicios ajustados a sus preferencias.

La mayoría de los hoteles integra la información operacional que recogen de sus clientes virtuales a través del e-commerce, pero no todos logran emplear tecnologías e-CRM para generar capacidades distintivas. Sólo un tercio de los hoteles analizados son capaces de integrar información relevante de sus clientes y de otros agentes (proveedores, agencias de viajes, socios, competidores, etc.) a través de la cooperación online.

Los pequeños y medianos hoteles españoles encuentran mayores dificultades que los grandes hoteles al analizar la información sobre los clientes e integrar tecnologías e-CRM. Ello puede deberse a las diferencias que existen a la hora de obtener recursos financieros, realizar inversiones en TI, y el esfuerzo en formación para utilizar o explotar las prestaciones de dichas tecnologías.

VI. CONCLUSIÓN

El contexto tecnológico del e-CRM en los hoteles españoles se fundamenta, en mayor medida, sobre el análisis de la información de los clientes que sobre la integración de las tecnologías e-CRM, y ambos factores están condicionados por el tamaño del hotel. Por consiguiente, los elementos que más influyen en el resultado de los e-CRM de los hoteles españoles, y que están sujetos al número de empleados y al volumen de facturación, son las ofertas y publicidad, la segmentación de clientes, el blog, y las redes sociales horizontales y verticales.

Teniendo en cuenta las limitaciones del trabajo respecto a los ítems definidos, y el ámbito geográfico y sectorial, se propone para futuras investigaciones extender el estudio a otros sectores y profundizar en el análisis de los tipos de e-CRM considerando ítems diferentes a los utilizados en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Q. Chen and H. M.Chen, “Exploring the Success Factors of eCRM Strategies in Practice”, *Journal of Database Marketing & Customer Strategy Management*, vol. 11 (4), pp. 333-343, 2004.
- [2] T. M. Chang, L. L. Liao and W. F. Hsiao, “An empirical study on the e-CRM performance influence model for service sectors in Taiwan. In e-Technology, e-Commerce and e-Service”, *IEEE International Conference*, pp. 240-245, 2005 [IEEE’05. Proceedings 2005].
- [3] M. Fleischer, E. Wiarda and D. Rocco, “The Context for Change: Organization, Technology and Environment. In The processes of technological innovation”, Louis G. Tomatzky and Mitchell Fleischer Eds. Lexington, Mass.: Lexington Books, 1990, pp. 151-175).
- [4] F. Jun and Y. Yonocai. “Obtainin’o Fenternrise’s Sustainable Competitive Advantage from eCRM”, *IEEE International Conference*, pp. 3115–3118, 2010 [E-Business and E-Government, 2010).
- [5] B. Milović, “Social Media and eCRM as a Prerequisite for Hotel Success”. *Management Information Systems*, 7 (3), pp. 026–03.
- [6] J. Murphy, E.J.Forrest EJ, C.E. Wotring and R.A. Brymer “Hotel management and marketing on the internet”, *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, pp. 70–82, June 1996.
- [7] V. Minghetti, “Building customer value in the hospitality industry: towards the definition of a customer-centric information system”, *Information Technology & Tourism*, 6 (2), pp. 141-152, 2003.
- [8] A. Scharl, K.W. Wöber and C. Bauer, “An integrated approach to measure web site effectiveness in the European hotel industry”. *Information Technology & Tourism* 6(4), pp. 257–271, 2004.
- [9] S. Baloglua and Y. A. Pekcan, “The website design and Internet site marketing practices of upscale and luxury hotels in Turkey”, *Tourism Management* 27, pp 171–176, 2006.
- [10] B. Bai, C. Hu and S. Jang, “Examining E-Relationship Marketing Features on Hotel Websites”, *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 21 (2/3)33–48, 2006.
- [11] A. P. Meléndez and A. G. Moreno, “CRM strategies in hotels. Status of investigation and definition a model of successful integrator”, *Journal of Tourism Analysis*, (3), pp. 45–60, 2007. A. P. Meléndez y A. G. Moreno, “Estrategias CRM en hoteles. Estado de la investigación y definición de un modelo de éxito integrador”, *Revista de Análisis Turístico*, (3), pp. 45–60, 2007.
- [12] A. G. Moreno and A. P. Meléndez “Exploratory analysis of implementation CRM in Spanish hotel sector”. *Tourism Studies*, (178),

- pp. 25–49, 2008. A. G. Moreno y A. P. Meléndez “Análisis exploratorio de la implementación del CRM en el sector hotelero Español”. *Estudios Turísticos*, (178), pp. 25–49, 2008.
- [13] A. G. Moreno and A. P. Meléndez, “CRM as a business strategy: developing a successful model and empirical analysis in Spanish hotel sector”. *European Journal of Management and Business Economics*, 20 (2), pp. 101–118, 2011. A. G. Moreno y A. P. Meléndez, “El CRM como estrategia de negocio: desarrollo de un modelo de éxito y análisis empírico en el sector hotelero español”. *Revista Europea de Dirección y Economía de la empresa*, 20 (2), pp. 101–118, 2011.
- [14] A. Papaioannou, C. Kariofyllas, K. Koronios, A. Kourtesopoulou and A. Kriemadis, “Exploring e-crm application: the case of tourism and hospitality industry in Greece”, Conference “Tourism Trends and Advances in the 21st Century” [5th International Scientific Conference, At Rhodes, Greece, 2013].
- [15] P. Mekkamol, S. Piewdang and S. Untachai, “Modeling e-CRM for Community Tourism in Upper Northeastern Thailand”. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 88, pp. 108–117, 2013.
- [16] INE, “Profitability indicators of hotel sector” [online]. Statistics National Institute. Ministry of Economy and Competitiveness. Government of Spain. Madrid. Available in <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft11%2F230&file=inebase&L=0>, 2015. INE (2015): “Indicadores de rentabilidad del sector hotelero” [online]. Instituto Nacional de Estadística. Ministerio de Economía y Competitividad. Gobierno de España. Madrid. Disponible en <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft11%2F230&file=inebase&L=0>, 2015.
- [17] ONTSI, “ePyme Report 2014. Analysis of implementation ICT in Spanish SMEs” [online]. National Observatory for Telecommunications and Information Society. Ministry of Industry, Energy and Tourism. Government of Spain. Madrid. Available in <http://www.ipyme.org/Publicaciones/informe-epyme-2014.pdf>, 2015. ONTSI, “Informe ePyme 2014. Análisis de implantación de las TIC en la pyme española” [online]. Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la SI. Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España. Madrid. Disponible en <http://www.ipyme.org/Publicaciones/informe-epyme-2014.pdf>, 2015.
- [18] INE, “Profitability indicators of hotel sector” [online]. Statistics National Institute. Ministry of Economy and Competitiveness. Government of Spain. Madrid. Available in <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft11%2F230&file=inebase&L=0>, 2014. INE, “Indicadores de rentabilidad del sector hotelero” [online]. Instituto Nacional de Estadística. Ministerio de Economía y Competitividad. Gobierno de España. Madrid. Disponible en <http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft11%2F230&file=inebase&L=0>, 2014.
- [19] S. Schmidt, A. S. Cantalalops, C. P. dos Santos, “The characteristics of hotel websites and their implications for website effectiveness”. *International Journal of Hospitality Management* 27 (4), pp. 504–516, 2008.
- [20] C. Zafiroopoulos, V. Vrana, D. Paschaloudis, “An evaluation of the performance of hotel websites using the managers’ views about online information services”, *European Conference on Information Systems, Information Systems in a Rapidly Changing Economy*, Regensburg, Germany, 2005. Available at <http://is2.lse.ac.uk/asp/aspecis/20050010.pdf> (accessed October 2015).
- [21] C. Zafiroopoulos, V. Vrana, “A framework for evaluation of hotel websites: the case of Greece”, *Information Technology & Tourism* 8(3/4), pp. 239–254S, 2006.
- [22] S. Beldona and L.A. Cai, “An exploratory evaluation of rural tourism websites”, *Journal of Convention & Event Tourism* 8(1), pp. 69–80, 2006.
- [23] Y. Kuo, S. Hwang and E. Wang, “Evaluation research of information and supporting interface in electronic commerce websites”. *Industrial Management and Data Systems* 104 (90), pp. 719–721, 2004.
- [24] J. Rong, G. Li and R. Law, “A contrast analysis of online hotel web service purchasers and browsers”, *International Journal of Hospitality Management* 28 (3) pp. 466–478, 2009.
- [25] Z. Lu, R. L. Han, P. P. Zhang, Y. M. Ren and G. Zhang, “An intelligent evaluation system for tourism websites in Shijiazhuang city”, *Proceeding of 20083rd International Conference on Intelligent System and Knowledge Engineering*, 17–19 November 2008, Xiamen, China, Vol. 1, pp. 1404–1408.
- [26] R. Law, D. Ho, C. Cheung, “A study of the functionality of hotel websites in mainland China and the United States”. *Journal of the Academy of Business and Economics* 3 (1), pp. 202–209, 2004.
- [27] C. Sellitto, A. Wenn and S. Burgess, “A review of the web sites of small Australian wineries: motivations, goals and success”. *Information Technology and Management* 4 (22), pp. 215–232, 2003.
- [28] T. Huang and R. Law, “Modeling and comparing internet marketing: a study of Mainland China based and Hong Kong based hotel websites”, In *Information and Communication Technologies in Tourism 2003*, Frew A, O’Connor P, Hitz M, Eds. Springer-Verlag: New York, Vienna, pp.173–182.
- [29] G. Rasch, “Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests” in Chicago: University of Chicago Press, first published in 1960, Copenhagen: Denmark’s paedagogiske Institut. 1980.
- [30] J. M. Linacre, Winsteps® Rasch Measurement Computer Program. Beaverton, Oregon: Winsteps. Com., 2015 (Version 3.72.2). <http://www.winsteps.com/winman/index.htm>.
- [31] B. D. Wright and J. M. Linacre, “Reasonable mean-square fit values. Rasch Measurement: Transactions of the Rasch Measurement” *SIG*, 8 (3), pp. 370, 1994.
- [32] J. Nunnally, “Psychometric Theory”, Mc Graw-Hill. New York, 1978.
- [33] J. M. Linacre, Winsteps® Rasch Measurement Computer Program. Beaverton, Oregon: Winsteps. Com., 2015 (Version 3.72.2). <http://www.winsteps.com/winman/index.htm>.
- [34] D. Buhalis, “eTourism: information technologies for strategic tourism management”, 1st edn, Financial Times Prentice Hall, New York, USA, 2003.

Toward social paradigms for mobile context-aware computing in smart cities

Position paper

Rustam Kamberov, Vitor Santos
NOVA Information Management School
New University of Lisbon
Lisbon, Portugal
D2015457@novaims.unl.pt

Carlos Granell
GEOTEC Research Group
Universitat Jaume I
Castellón de la Plana, Spain
carlos.granell@sg.uji.es

Abstract — Mobile context-aware computing is an essential component of the smart cities infrastructure. Attempts were made to develop a model that can effectively represent a system in device to support context-aware behavior. The purpose of this paper is to identify deficiencies of the previously developed model and propose solutions to improve it.

Keywords – context-aware computing; organization theory; mobile computing; knowledge representation.

I. INTRODUCTION

A. Smart cities and ubiquitous computing

Cities are centers of progress and innovation, and create most of the world's wealth, i.e., 70 percent of the global GDP [1]. UNEP data suggest that cities are responsible for 75 percent of global carbon dioxide emissions, with buildings and transportation being among the largest contributors. Despite the fact that cities represent only 2 percent of the world's surface area, they are responsible for up to two-third of the world's energy consumption. The proportion of the world's population living in an urban area is predicted to increase to 66 percent by 2020 [2]. The previous statements pose a new scenario that cities cannot ignore: *How can cities align the rapid worldwide urban population growth to sustainable levels and livable conditions?* A potential answer necessarily requires a deeper understanding of the Smart City concept [3]. While the term "Smart City" is still fuzzy, we summarize its key characteristics [4]: (i) the utilization of networked infrastructure, (ii) an underlying emphasis on business-led urban development, (iii) a focus on the crucial role of high-tech industry in urban growth, and (iv) social and environmental sustainability.

Smart City is a collection of smart computing infrastructure, such as a new generation of integrated hardware, software and network technologies that provide a real-time awareness of the real world, and actions that optimize business processes [5]. In a nutshell, Smart City aims to provide effective services through real-time monitoring by means of sensors for data collection and control devices. There are many global Smart City initiatives, such as IBC's Smart Cities,

Cisco's Smart, GSMA's Mobile Cities, Siemens' Sustainable Cities, Microsoft's CityNext, and the projects, such as Smart Santander, the ELLIOT project, and the Periphèria project.

Smart Cities typically rely on the vision of ubiquitous computing whereby devices can communicate with each other to provide services and information to end users [6]. Ubiquitous computing is a software engineering concept in which computing appears everywhere using any device, in any location and in any format. A context-sensitive behavior is considered a major factor in realizing ubiquitous computing systems [7], [8]. As envisioned by [9], computers have to foresee humans' actions and act proactively to offer expected assistance [10], [11]. To do so, any information characterizing a situation of the interaction between users, applications, and the environment can be regarded as context [12]. An understanding of context will help designers and system architects to use it effectively [13], and lead to a new component of ubiquitous computing called context-aware computing.

B. Motivation for the Research

The main challenge of context-aware computing is the difficulty in teaching a computer to sense the environment that would allow users to effectively exploit other nearby computing resources [14]. Since the idea behind ubiquitous computing is a combination of large-scale mobility and pervasive computing capability, this concept inherently poses technical, social, and organizational challenges. These challenges include the design and implementation of computing architectures, and the rethinking of feasible ontologies, domain models, and a wide range of policy issues concerning social organization.

To support the dynamic integration of device into a context-enabled computing system with a predefined structure, the device needs to possess a certain amount of information about the surrounding environment. This information will allow the device to understand (i) the available roles existing in the environment, (ii) the roles that the device can play (provided that its functionality meets the system requirements), and (iii) the information about other devices that play roles in that system [15]. To overcome this issue, [15] developed a

model in which social paradigms were central. Social and organizational relationships such as Role, Ownership, and Responsibility were proposed to integrate a device into a system and enable cooperation with other elements (e.g. other nearby devices) belonging to a system. However, there are imperfections and limitations associated with the proposed model. The purpose of this position paper is to build upon such a model by identifying those limitations and to propose possible solutions to overcome them, thereby contributing to the discussion on social paradigms in mobile context-aware computing in the Smart City context.

C. Research Objectives

The long-term objectives of the research are to: (i) develop a model that is able to represent the formal structure of one or more computer systems using the concepts from the theory of organization and sociology, and (ii) conduct a proof of concept by developing a robust prototype that can be effectively incorporated into a mobile device to make it capable of being dynamically integrated in those systems. The present paper focuses on the first research objective, in which we assess an existing model and discuss possible solutions toward the inclusion of social and organizational paradigms in mobile context-aware computing in smart cities scenarios. To do so, the following section provides a brief literature review covering ubiquitous computing, context and its models, and context-aware computing and its applications, to better understand the discussion of the model analyzed in Section III.

II. LITERATURE REVIEW: CONTEXT-AWARE COMPUTING

Today computers are everywhere, connected to everything and embedded in every object. The omnipresence of computing devices has resulted in the disappearance of the *one-computer-to-many-people* and the *one-computer-to-one-person* trends, and we now have *one-person-to-many-computers*. This recent trend refers to ubiquitous computing, a software engineering concept in which computing appears everywhere, using any device, in any location, and in any format. A context-aware behavior is seen to be a key factor in realizing ubiquitous computing systems [10], [16], [17]. To fully disappear, as envisioned by [9], computers have to foresee humans' actions and act proactively to offer expected assistance [7], [11]. [13] defines context as any information characterizing the situation of an entity. The entity can be a person, a place, or an object that is related to a user, a system, and their interaction.

Context-aware applications require models to define and store contextual information in a machine-understandable way. [18] systematized the most important models in terms of distributed composition, partial validation, richness and quality of information, incompleteness and ambiguity, level of formality, and applicability to existing ubiquitous systems. The authors provide advantages and weaknesses of key-value, mark-up, graphical, object-oriented, logic-based, and ontology-based models.

A. Context-aware Computing

Context-aware computing has been applied to different application domains and scenarios. For example, [19] classified the following types of context-aware applications as follows: (i) Proximate Selection, (ii) Automatic Contextual Reconfiguration, (iii) Contextual Information and Commands, and (iv) Context-Triggered Actions. There are many ways context-aware systems can be implemented, which depend on certain requirements such as location of sensors, the number of users, and the type of resources available [20]. The context acquisition method affects the architecture of the context-aware system, and it is therefore important to consider it.

In this regard, [21] and [22] developed a context-awareness framework that is represented by Java-based context awareness infrastructure and application programming interface in clinical/hospital settings. The system is divided into two parts: Context-awareness Runtime Infrastructure and Context-awareness Programming Framework. The runtime infrastructure consists of (i) Distributed and Cooperating Services, which handle context information, (ii) Event-based Infrastructure, which is responsible for subscription to context events and notification when such events occur, and (iii) Access Control providing security and privacy. The application programming interface, in turn, is represented by (i) Semantic-free modeling abstraction to help a programmer to model and handle context data regardless of the application domain, (ii) Context Quality to expose more or less context data as a function of the level of uncertainty, and (iii) Support for Activities to enable the reasoning at the level of user activities. The important conclusion of the research is that context-aware clinical applications may be a substantial contribution toward providing clinical environment with better computing capacity.

A similar example is [23], in which the authors used the Java Context-Awareness Infrastructure [22] to develop the AWARE architecture to support context sensing and management regarding the working context of users. Two applications, AwarePhone and AwareMedia, were developed to demonstrate the applicability of the AWARE architecture. The AwarePhone provides context information about colleagues and workplaces, while the AwareMedia acts as a whiteboard system for cooperation in workplaces. Similar to [22], [23] demonstrated the usefulness of social, temporal, activity-related, and spatial awareness in coordinating medical work.

In a different setting, [24] proposed a new approach in the management of web context, which the authors called Context-Aware Browser (CAB), that combines web and context-aware computing. By interacting with the surrounding environment, such as sensors and information systems, CAB is able to collect data and infer the contextual information by using several artificial intelligence techniques, to search contents and applications given the current context, to automatically load and display the chosen web pages and applications, and to automatically propose web applications and web pages. The CAB system is represented by a three-tier architecture, in which the topmost layer interacts with the user, the middle

layer facilitates the communication between the topmost and the bottom layer, which is responsible for the collection and the analysis of the contextual information, and the search of the suitable contents given the inferred context.

[25] designed and prototyped context-aware messenger (ConaMSN), which uses the information collected from wearable sensors and shares it among the application users. Emotion, stress, and activity are types of sensed context information using probabilistic methods. To overcome the issues of uncertainty of the situational information, the authors used situation inference dynamic Bayesian networks. There are some challenges associated with sensing humans' emotions and stress, such as the fact that a more sophisticated model is required to overcome the issues of personalized context recognition.

[26] developed a methodology for supporting a context-aware collaborative filtering system. The methodology is fourfold: (i) a context acquisition tool, (ii) a user tool for collecting users' preferences about various items given certain context, (iii) a context-aware prediction generating tool, and (iv) a mobile recommender system that aggregates the aforementioned functionality and visualizes the results to the user. The application offers music recommendations to the passengers of a car based on their preferences collected via a web application. The system recommends new items based on the ones previously preferred under certain contextual conditions, such as driving style, mood, landscape, weather etc.

[27] developed a middleware-based system called Context Directory. In their system one or several context directories communicate with context clients. The context information is stored and processed in the context directory. The only component of the architecture that talks to a mobile device is a context client. Context clients collect attributes from mobile devices and merge them in the context directories. The authors proposed a context directory architecture, which consisted of a set of context models, interpretation methods, and adaptation functionality. They argued that a feature-based development approach for context-aware mobile applications has more advantages over a component-based one, and that generic middleware requires structural information to enable context-aware behavior.

iConAwa is an intelligent context-aware multi-agent system that proactively provides the users with context-aware information and services [28]. The system is built using software agents to effectively exchange the contextual information between the users and a server, and make decisions accordingly. The authors applied an ontology-oriented approach and the Web Ontology Language (OWL) to model context and points of interest. The system was composed of three software agents: (i) the context agent, which provides mobile users with context information, (ii) the service agent, which provides services regarding points of interest given the user's request, and (iii) the client agent, which is a client itself that received information from the context agent and visualizes it on the map. The Google Maps API, Apache Jena (Semantic

Web Framework), and Protégé Ontology editor were used to develop a prototype of the system.

[29] analyzed previously developed systems and frameworks using web accessible services on mobile devices. Based on their literature review, the authors proposed a new framework that considers provisioning context-aware RESTful web services on mobile devices and their discovery. They emphasized that hosting web services on mobile devices is constrained by battery power, network connectivity, and Global Positioning Systems availability. Additionally, the issues of services discovery and their efficient provisioning deteriorate the situation. Thus, the proposed framework gathered contextual information focusing on lightweight services and their effective discovery. The distinctive feature of the framework is the Context Manager, which increases performance and reduces resource consumption. This hybrid, decentralized discovery mechanism uses Mobile P2P, and JmDNS, and facilitates the discovery of RESTful services hosted on mobile devices. The flaw in this approach is the lack of technical implementation details.

[30] presented a matching technique to enable automatic situation recognition and evaluate its performance in an experiment with real users and perceived contextual information. The distinctive feature of the proposed technique is its ontology-based nature. To generate people's context, their devices are treated as nodes in a sensor network. DCON (Digital.Me Context Ontology) is used to combine raw and interpreted context information and convert it into a machine-readable format. The results of the constraint-based matching and ontology-based weighing system is used to compute similarity scores at various levels (elements, attributes, aspects), aggregating them in a degree of similarity. The authors argue that the algorithm can be efficiently used to order situations by similarity, which makes it suitable in interactive context-aware systems.

This literature review suggests that there are numerous investigations devoted to the ontology-based approach and context modelling [30], [32], [33], [34], [35], and software architecture solutions in developing context-aware application [21]–[29]. [17] compared and discussed the frameworks that support crucial features in the healthcare system, while [39] proposed a context-aware framework for ubiquitous healthcare that can reduce the network traffic. However, there is a lack of research that applies ontology and social paradigms in designing such systems. [36], [37], and [38] emphasize evidence of limited work focusing on socially-aware applications. Thus, the following section introduces the approach combining social reasoning, ontology models, and the organization theory notions to enable context-sensitive behavior of a mobile device in a computing system.

III. ISSUES OF THE EXISTING MODEL AND POTENTIAL SOLUTIONS

Since the idea behind ubiquitous computing is a combination of large-scale mobility and pervasive computing capability, this concept inherently poses technical, social, and

organizational challenges. These challenges include the design and implementation of computing architectures, rethinking of feasible ontologies, domain models, and a wide range of policy issues concerning social organization.

In order to achieve a dynamic integration of a device into a system with enabled context-aware behavior, the device needs to have a certain number of functionalities and a formal representation of different systems [15]. Being inspired by the concepts from organization theory, [15] adopted the notions of Role, Ownership, and Responsibility to design a system structure that can be reused in different computing environments. Role is seen to be a particular connection of a device to the cooperative structure of a system that defines a number of responsibilities for the device. The association of the device with a role being performed in the system is identified as Ownership. Responsibility is a task association to a role that entails obligations to accomplish tasks. While this model is unique and opens new horizons in designing systems with enabled context dependent behavior, there are some imperfections and limitations associated with the proposed model, which are critically discussed below as a series of questions:

A. How do devices responsible for roles management report that a task is accomplished?

This is a challenging topic and requires deeper research. Before proposing a possible solution we should bring up background information. There are two types of responsibility for devices in the model proposed by [15]: (i) execution, i.e. the execution of an assigned task, and (ii) delegation, when a device that is in charge of a complex task delegates that task to another device by producing a message with an order of execution. If a non-complex task is delegated, then there are ways to control whether it will be executed. However, in the case of a composite task, it is trivial for a device to control and monitor the execution of subtasks, as well as to assure that they are executed in the correct order and with appropriate timing. We propose to explore methods for tasks and sub-tasks coordination and test their applicability in the domain of context-aware computing. One of the ways for task execution monitoring is messaging. One needs an internal representation of the workflow of the task and sub-tasks. Technologies such as BPMN, XPDL, jPDL, BPEL, and YAWL may solve the issue.

B. How to supply the information about a certain role to different devices?

Currently, there is no mechanism in the model differentiating devices and supplying them with the necessary information regarding a Role. We propose to create a web application that will be communicating with devices. The web application will have a database with a full context structure and device registration skills. The communication with devices can be organized by means of web services. The idea is to provide functionality for a device to register and receive context information. Given the obtained context the device can

convey its competence and skills, and receives requirements to accomplish a task.

C. How to check whether a device is "honest" to perform a role?

There should be functionality in the model that allows for the validation of the device's competence to perform a certain Role. Thus, the system is expected to be able to either identify a device and delegate responsibilities, or in case of identification failure to request additional information. Another approach to ensure the device's capability is to perform a test revealing the device's real skills.

D. How to provide robust device management given several devices with the same Role?

This issue is related to cases in which certain devices are not competent to perform a Role on their own, but together they have the expected set of skills to perform tasks. [15] proposed and superficially designed a theoretical solution. However, a working algorithm needs to be developed, and a robust prototype has to demonstrate tasks break-down and ownership management mechanisms.

E. The proposed communication schema based on messages is outdated and needs refinement.

Even though the model in [15] propose a communication schema using a message, it is not specified how the system will be dealing with server failures. If we keep the proposed communication schema, a message queue system can be adopted to overcome the mentioned issue. In case of the alternative solution, REST HTTP calls can be considered.

F. Logic system

Currently, [15] and [31] use only predicate logic in their model. We argue that this type of logic is not enough given the complexity of the relationship between components in the model. There are partial truth cases that require fuzzy logic. Since the proposed model is inspired by organization theory, deontic, a philosophical logic may help cope with obligations and permissions.

IV. FUTURE WORK

Context-aware computing is an essential element in building smart cities. While design and implementation of context-aware systems represent certain challenges, attempts are made to develop ontology models that are able to represent a formal structure of the computing systems.

This paper reviewed relevant literature in the context-aware computing field, and discussed the ontology model representing a formal structure of a system in the context-sensitive environment. We also have identified drawbacks and deficiencies of that model and proposed possible ways to resolve them. While some of the imperfections can be overcome by applying appropriate software engineering solutions, we emphasize that others require a thorough investigation of ontology models in the context enabled setting.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge funding from the European Commission through the GEO-C project (H2020-MSCA-ITN-2014, Grant Agreement Number 642332, <http://www.geo-c.eu/>). Carlos Granell has been partly funded by the Ramón y Cajal Programme (grant numbers RYC-2014-16913)

REFERENCES

- [1] Sassen, S. (2011). *Cities in a world economy* (4th ed.). SAGE Publications.
- [2] United Nations. (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*. New York, United. <http://doi.org/10.4054/DemRes.2005.12.9>.
- [3] Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., ... Scholl, H. J. (2012). *Understanding Smart Cities: An Integrative Framework*. 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences, 2289–2297. <http://doi.org/10.1109/HICSS.2012.615>
- [4] Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (2011). *Smart Cities in Europe*. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <http://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>.
- [5] Washburn, D., & Sindhu, U. (2009). *Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives*. *Growth*, 17. Retrieved from <http://c3328005.r5.cf0.rackcdn.com/73efa931-0fac-4e28-ae77-8e58ebf74aa6.pdf>
- [6] Meier, R., & Lee, D. (2011). *Context-aware pervasive services for smart cities*. *Ubiquitous Developments in Ambient Computing and Intelligence: Human-Centered Applications*, 1. <http://doi.org/10.4018/978-1-60960-549-0.ch001>
- [7] Schmidt, C. (2011). *Context-aware computing*. Berlin Inst. Technology Tech, 1–9. Retrieved from http://diuf.unifr.ch/pai/education/2002_2003/seminar/winter/ubicomp/02_Pervasive.pdf/
- [8] Coutaz, J., Crowley, J. L., Dobson, S., & Garlan, D. (2005). *Context is key*. *Communications of the ACM*, 48(3), 49. <http://doi.org/10.1145/1047671.1047703>
- [9] Weiser, M. (1991). *The Computer for the 21 century*. Scientific American. <http://doi.org/10.1038/scientificamerican0991-94>
- [10] Abowd, G. D., Ebling, M., Hung, G., Lei, H., & Gellersen, H. W. (2002). *Context-aware computing* [Guest Editors' Intro.]. *Pervasive Computing*, IEEE, 1(3), 22–23.
- [11] Schilit, B. N., & Theimer, M. M. (1994). *Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts*. *IEEE Network*.
- [12] Musumba, G. W., & Nyongesa, H. O. (2013). *Context awareness in mobile computing: A review*. *International Journal of Machine Learning and Applications*, 2(1), 1–10. <http://doi.org/10.4102/ijmla.v2i1.5>
- [13] Dey, A. K. (2001). *Understanding and using context*. *Personal and Ubiquitous Computing*. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=593572>
- [14] Lyytinen, K., & Yoo, Y. (2002). *Issues and challenges in ubiquitous computing: Introduction*. *Commun. ACM*, 45(12), 62–65. <http://doi.org/10.1145/585597.585616>
- [15] Santos, V. (2015). *A Model for the Use of Social Paradigms in Mobile Ubiquitous Interactions*. In *Universal Access in Human-Computer Interaction. Access to Today's Technologies* (pp. 360-371). Springer International Publishing.
- [16] Coutaz, J., Crowley, J. L., Dobson, S., & Garlan, D. (2005). *Context is key*. *Communications of the ACM*, 48(3), 49. <http://doi.org/10.1145/1047671.1047703>
- [17] Sriram, R., Geetha, S., Madhusudanan, J., Iyappan, P., Venkatesan, V. P., & Ganesan, M. (2015, March). *A Study on Context-aware Computing Framework in Pervasive Healthcare*. In *Proceedings of the 2015 International Conference on Advanced Research in Computer Science Engineering & Technology (ICARCSET 2015)* (p. 39). ACM.
- [18] Strang, T., & Linnhoff-Popien, C. (2004). *A Context Modeling Survey*. *Graphical Models, Workshop o(4)*, 1–8. <http://doi.org/10.1.1.2.2060>
- [19] Schilit, B. N., Adams, N., & Want, R. (1994). *Context-aware computing applications*. *Proceedings of the 1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, 85–90. <http://doi.org/10.1109/MCSA.1994.512740>
- [20] Baldauf, M., Dustdar, S., & Rosenberg, F. (2007). *A survey on context-aware systems*. *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, 2(4), 263. <http://doi.org/10.1504/IJAHUC.2007.014070>
- [21] Bardram, J. E. (2004, March). *Applications of context-aware computing in hospital work: examples and design principles*. In *Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing* (pp. 1574-1579). ACM.
- [22] Bardram, J. E. (2005). *The Java Context Awareness Framework (JCAF)—a service infrastructure and programming framework for context-aware applications*. *Pervasive Computing*, (April), 98–115. http://doi.org/10.1007/11428572_7
- [23] Bardram, J. E., & Hansen, T. R. (2010). *Context-Based Workplace Awareness*. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 19, 105–138. <http://doi.org/10.1007/s10606-010-9110-2>
- [24] Coppola, P., Della Mea, V., Di Gaspero, L., Menegon, D., Mischis, D., Mizzaro, S., ... Vassena, L. (2009). *Context-Aware Browser*. *IEEE Intelligent Systems*, 25(1), 38–47. <http://doi.org/10.1109/MIS.2009.128>
- [25] Hong, J. H., Yang, S. I., & Cho, S. B. (2010). *ConaMSN: A context-aware messenger using dynamic Bayesian networks with wearable sensors*. *Expert Systems with Applications*, 37(6), 4680-4686.

- [26] Baltrunas, L., Kaminskas, M., Ludwig, B., Moling, O., Ricci, F., Aydin, A., ... & Schwaiger, R. (2011, August). InCarMusic: Context-Aware Music Recommendations in a Car. In *EC-Web* (Vol. 11, pp. 89-100).
- [27] Löwe, R., Mandl, P., & Weber, M. (2012). Context Directory: A context-aware service for mobile context-aware computing applications by the example of Google Android. 2012 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PERCOM Workshops 2012, (March), 76–81. <http://doi.org/10.1109/PerComW.2012.6197616>
- [28] Yılmaz, Ö., & Erdur, R. C. (2012). iConAwa – An intelligent context-aware system. *Expert Systems with Applications*, 39(3), 2907–2918. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.152>
- [29] van der Westhuizen, C., & Coetzee, M. (2013). Context-aware RESTful services on mobile devices. 8th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2013), 350–355. <http://doi.org/10.1109/ICITST.2013.6750220>.
- [30] Attard, J., Scerri, S., Rivera, I., & Handschuh, S. (2013). Ontology-based situation recognition for context-aware systems. *Proceedings of the 9th International Conference on Semantic Systems - I-SEMANTICS '13*, 113. <http://doi.org/10.1145/2506182.2506197>
- [31] Santos, V., Santos, C., & Cardoso, T. (2015). Use of Sociology Concepts as the Basis of a Model for Improving Accessibility in Smart Cities. *Procedia Computer Science*, 67(Dsai), 409–418. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.286>
- [32] Wang, X. H., Da Qing Zhang, Tao Gu, & Pung, H. K. (2004). Ontology based context modeling and reasoning using OWL. *IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, 2004. *Proceedings of the Second*, 18–22. <http://doi.org/10.1109/PERCOMW.2004.1276898>
- [33] Fook, V. F. S., Tay, S. C., Jayachandran, M., Biswas, J., & Zhang, D. (2006, March). An ontology-based context model in monitoring and handling agitation behavior for persons with dementia. In *Pervasive Computing and Communications Workshops*, 2006. *PerCom Workshops 2006. Fourth Annual IEEE International Conference on* (pp. 5-pp). IEEE.
- [34] Christopoulou, E., Goumopoulos, C., Zaharakis, I., & Kameas, A. (2004). An ontology-based conceptual model for composing context-aware applications. *Research Academic Computer Technology Institute*.
- [35] Paganelli, F., & Giuli, D. (2011). An ontology-based system for context-aware and configurable services to support home-based continuous care. *Information Technology in Biomedicine*, *IEEE Transactions on*, 15(2), 324-333.
- [36] Kabir, M. A., Han, J., & Colman, A. (2011, April). Modeling and coordinating social interactions in pervasive environments. In *Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS)*, 2011 16th IEEE International Conference on (pp. 243-252). IEEE.
- [37] Kabir, M. A. (2013, March). Modeling, managing and reasoning about social contexts for socially-aware applications. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 2013 IEEE International Conference on (pp. 419-420). IEEE.
- [38] Kabir, M. A., Han, J., Yu, J., & Colman, A. (2014). User-centric social context information management: an ontology-based approach and platform. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(5), 1061-1083.
- [39] Gelogo, Y. E., Kim, H. K., & Jung, R. (2015). Context-Aware Computing for Delivering u-Healthcare Services. *International Journal of Smart Home*, 9(8), 169-178.

Sistema de Monitorização para Instalações Fotovoltaicas de Pequena Dimensão

Monitoring System for Small Sized Photovoltaic Power Plants

Daniel Correia^{1,4}, Paulo Tomé^{1,3}, Paulo Moisés Costa^{1,2,3}, Luís Marques⁴

¹Instituto Politécnico de Viseu, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Campus Politécnico, 3504-510 Viseu, Portugal

²INESC TEC – INESC Technology and Science (INESC Porto), Rua Dr. Roberto Frias, Porto, Portugal

³CI&DETS - Centro de Estudos em Educação, Tecnologias e Saúde, Campus Politécnico, 3504-510 Viseu, Portugal

⁴Martifer Solar, Technical Department – Automation and Control Systems, Oliveira de Frades, Portugal

dltcorreia@gmail.com, ptome@estv.ipv.pt, paulomoises@estv.ipv.pt, luis.marques@martifer.com

Resumo — Neste artigo apresenta-se a estrutura de um sistema de monitorização para instalações fotovoltaicas (FV) de pequena dimensão. A estrutura proposta caracteriza-se por um alto nível de integração, pelo seu baixo custo quando comparado com o custo do sistema FV a monitorizar e pela fácil instalação na maioria das instalações com potência instalada de alguns kW. O sistema permite recolher, armazenar, processar e mostrar variáveis elétricas e meteorológicas relevantes para a adequada monitorização das instalações referidas. A identificação, em tempo útil, de situações de falha de produção de energia e a elaboração de análises de desempenho das instalações monitorizadas, através do cálculo de indicadores de desempenho, são outras características relevantes do sistema. O acesso à informação relativa à instalação monitorizada é conseguido com recurso a uma aplicação web, desenvolvida com o foco nos dispositivos móveis. Adicionalmente, existe a possibilidade de integração entre o sistema de monitorização desenvolvido e o sistema central de supervisão da Martifer Solar (empresa focada no desenvolvimento, operação e manutenção de sistemas FV).

Palavras-Chave - Instalação fotovoltaica; sistema de monitorização; aquisição de dados; indicadores de desempenho.

Abstract — This paper presents a monitoring system devoted to small sized photovoltaic (PV) power plants. The system is characterized by: a high level of integration; a low cost, when compared to the cost of the PV system to be monitored; and an easy installation in the majority of the PV plants with installed power of some kW. The system is able to collect, store, process and display electrical and meteorological parameters that are crucial when monitoring PV facilities. The identification of failures in the PV system and the elaboration of performance analysis of such facilities are other important characteristics of the developed system. The access to the information about the monitored facilities is achieved by using a web application, which was developed with a focus on the mobile devices. In addition, there is the possibility of an integration between the developed monitoring system and the central supervision system of Martifer Solar (a company focused on the development, operation and maintenance of PV systems).

Keywords – photovoltaic power plant; monitoring system; data acquisition; performance indicators

I. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas tem-se vindo a despertar para a necessidade do equilíbrio e sustentabilidade ambiental [1]. Neste contexto, existe uma particular preocupação com o setor da energia, nomeadamente em países com acentuada preponderância dos combustíveis fósseis no conjunto das energias primárias que consomem. A preocupação com a sustentabilidade energética é também um assunto que tem merecido particular atenção dos países desenvolvidos, em particular daqueles que apresentam maior dependência energética. A necessidade de lidar com os impactos ambientais resultantes da produção e utilização da energia e a procura de uma menor dependência energética têm conduzido vários países a desenvolver, entre outras medidas, políticas de incentivo à instalação de unidades de produção de eletricidade por via renovável. A produção fotovoltaica (FV) tem sido uma das tecnologias de produção renovável que tem sido promovida.

No caso concreto de Portugal, a definição dos regimes de microprodução [2][3] e de miniprodução [4] permitiu a instalação de pequenas centrais fotovoltaicas com potências instaladas na ordem dos kW. Recentemente, os regimes de miniprodução e de microprodução foram substituídos pelos regimes de produção para autoconsumo e de pequena produção [5]. Nestes novos regimes, a instalação de pequenas centrais fotovoltaicas continua a ser possível, ainda que com novos desafios do ponto de vista da viabilidade económica.

O desenvolvimento de um sistema de monitorização de baixo custo para instalações FV de pequena dimensão implica o conhecimento sobre o tipo de equipamentos que, habitualmente, estão presentes neste tipo de instalações. A Figura 1 mostra a arquitetura típica de uma instalação FV interligada com a rede de energia elétrica. Estas instalações são,

geralmente, constituídas por um conjunto de painéis fotovoltaicos, um inversor, um contador de energia e os necessários equipamentos de ligação, corte e proteção elétrica.

Ao contrário das grandes centrais FV, as pequenas instalações não apresentam na sua arquitetura sensores meteorológicos capazes de medir variáveis climáticas (a energia produzida numa instalação FV é influenciada por condições meteorológicas como, por exemplo, a irradiação solar). A inexistência destes sensores e de um sistema de monitorização adequado torna difícil a análise do desempenho destas centrais FV, incluindo a deteção de potenciais avarias que se traduzam na perda de produção de energia elétrica.



Figura 1. Arquitetura típica de uma instalação FV de pequena dimensão (Adaptado de [6]).

A monitorização do desempenho técnico-económico das centrais FV é, no contexto do respetivo controlo, otimização e operação, uma ferramenta importante [1][7]. Em centrais FV de média e grande potência instalada (centenas de kW a MW) esta monitorização é, habitualmente, estabelecida. Contudo, a utilização de sistemas de monitorização em instalações de pequena potência instalada (alguns kW), tipicamente com uma estrutura monoinversor, é menos comum. O custo associado à instalação dos sistemas de monitorização (não apenas o custo do software e do tratamento da informação recolhida, mas também o custo do hardware que possibilita a monitorização, nomeadamente dataloggers e sensores de irradiação) é o principal fator para que não se proceda à instalação destes sistemas.

Este artigo insere-se neste âmbito, apresentando o desenvolvimento de um sistema de monitorização para unidades fotovoltaicas de pequena dimensão. A solução preconizada, que inclui sensores para aquisição de variáveis meteorológicas, baseia-se na utilização de hardware simples e de fácil instalação, procurando desta forma assegurar um custo reduzido. O sistema desenvolvido permite a monitorização remota, através duma página web, bem como a interligação com um centro de supervisão que acompanhe de forma contínua a instalação.

O artigo está organizado da seguinte forma: na secção II apresentam-se e analisam-se várias plataformas de monitorização; na secção III apresenta-se a estrutura do sistema de monitorização desenvolvido; a secção IV descreve os

resultados obtidos. As conclusões, presentes na secção V, encerram o artigo.

II. PLATAFORMAS DE MONITORIZAÇÃO

Existe uma grande variedade de plataformas comerciais para monitorização de instalações FV. Na Tabela 1 são apresentadas algumas características relevantes de alguns desses sistemas.

Tabela 1. Resumo das características de sistemas de monitorização residencial.

Nome	Custo €	Portal web	Medição Irradiância	Alertas Email	Interface web local
Solar-Log & GE Meter [8]	570	Sim ¹	Sim ³	Sim	Não
Rbee Solar [9]	250 ²	Sim	Sim ⁴	Sim	Não
Solar Edge [10]	-	Sim	Não	Sim	Não
Enphase Envoy [11]	520	Sim	Não	Sim	Não
SMA Residencial [12]	-	Sim	Não	Sim	Não

1. Necessário subscrição paga. Oferta apenas de 5 anos

2. Necessário adicionar valor da subscrição do portal e de comunicações do cartão SIM

3. Apenas no modelo 370, encarecendo a solução para valores superiores a 800€

4. Solução de medição da irradiação por satélite. Não permite medição de tempo real

Os sistemas de monitorização descritos na Tabela 1 foram desenvolvidos para pequenas instalações (também conhecidos por sistemas de monitorização residencial). É pertinente referir-se que estes sistemas apresentam algumas limitações quando comparados com os sistemas de monitorização das grandes centrais FV.

O sistema Solar Edge e a solução SMA Residencial asseguram uma monitorização baseada no envio de dados pelo inversor da central para o portal web do respetivo fabricante. Apesar destes sistemas apresentarem um relativo baixo custo, não tem a possibilidade da medição de variáveis meteorológicas, tais como, a irradiação solar. Consequentemente, estes sistemas não permitem análises de desempenho nem a produção, em tempo útil, de alertas relativos a situações de desvio de produção do sistema FV. Adicionalmente, nenhum destes sistemas dispõem de interface web local, ficando o utilizador dependente dos servidores dos fabricantes.

Os sistemas Solar-Log & GE Meter, Rbee Solar permitem a monitorização de qualquer instalação fotovoltaica monoinversor, utilizando para o efeito equipamento proprietário. O sistema Enphase Envoy utiliza também equipamento proprietário e apenas permite a monitorização dos microinversores do seu fabricante. Neste caso (sistema Enphase Envoy), é possível monitorizar múltiplos inversores. Estes sistemas, de forma similar aos sistemas mencionados no parágrafo anterior, enviam os dados para os servidores dos fabricantes, não possibilitando a monitorização local. O portal web do Solar-Log apenas é gratuito durante um período de tempo limitado (cinco anos).

O sistema Rbee Solar permite a utilização de dados sobre irradiação obtidos por satélite, possibilitando a identificação de

situações de baixa produção de eletricidade. Esta identificação é conseguida através da comparação da produção contabilizada pelo sistema de monitorização com a produção esperada calculada com base nos dados de irradiância. Uma vez que os dados de irradiância não são fornecidos ao sistema em tempo real, a identificação de desvios de produção também não é efetivada em tempo real. O sistema *Solar-Log* possibilita a utilização de um sensor de irradiância. No entanto, esta solução encarece substancialmente o sistema de monitorização.

Os sistemas de monitorização presentes na Tabela 1 disponibilizam alguns alertas, por correio eletrónico, sobre o funcionamento do sistema monitorizado. Contudo, atendendo a que os sistemas referidos não dispõem, em geral, de sensores meteorológicos, os alertas têm utilidade limitada (importa referir que alguns dos fabricantes presentes na Tabela 1, como a SMA, têm soluções mais completas de monitorização. Contudo, os custos destas soluções impedem a sua utilização em pequenos sistemas FV).

Apesar da existência das soluções comerciais apresentadas, as pequenas instalações FV são, geralmente, “monitorizadas” pela remuneração mensal da energia produzida (injetada na rede) ou através da leitura manual e frequente dos aparelhos de contagem da energia produzida. Como facilmente se compreende, esta forma de monitorização apresenta riscos de perda de remuneração nas unidades FV, devido à potencial deteção tardia de falhas no seu funcionamento.

Existe, portanto, uma clara necessidade de desenvolvimento de sistemas de monitorização, de baixo custo e flexíveis, dedicados a pequenas instalações FV, as quais se encontram “parcialmente abandonadas” e potencialmente com rendimento inferior ao que seria possível de obter (comprometendo o desempenho económico destas instalações).

III. ESTRUTURA DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO PARA INSTALAÇÕES FV DE PEQUENA DIMENSÃO

O sistema de monitorização desenvolvido contempla várias componentes de hardware (componente física) e de software (componente lógica). Descrevem-se seguidamente as estruturas lógica e física do sistema desenvolvido para a monitorização de instalações FV de pequena dimensão. Primeiramente faz-se uma descrição global do sistema, deixando-se para uma segunda fase a descrição detalhada de cada um dos seus componentes.

Conforme referido, o sistema tem como principal objetivo a monitorização da produção, a deteção de falhas/avarias e a avaliação do desempenho (recorrendo a indicadores de desempenho utilizados no setor fotovoltaico) de centrais FV de pequena potência com estrutura monoinversor. A consumação de tal monitorização e análise do desempenho implica a recolha de variáveis elétricas (tensão, corrente, potência ativa, etc.) e de variáveis meteorológicas (por exemplo a irradiância solar).

O desenvolvimento do sistema de monitorização respeitou diretrizes relacionadas com: os equipamentos da instalação que devem ser monitorizados; a forma de aquisição de dados; a forma de armazenamento de dados; e o desenvolvimento da interface web.

A Figura 2 é apresentada a arquitetura geral do sistema de monitorização desenvolvido. A análise da figura permite concluir que a arquitetura se baseia nos seguintes elementos: Instalação FV, Browser, OMS, Aquisição de Dados, Base de Dados, e Aplicação Web e FTP Push.

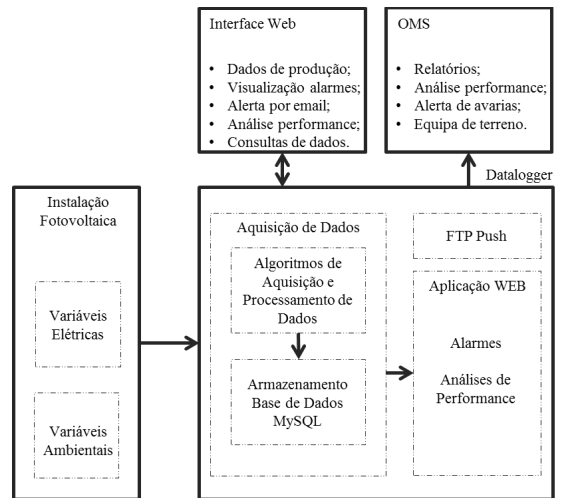


Figura 2. Arquitetura global do sistema de monitorização.

A parte central da arquitetura, dedicada à aquisição, tratamento e armazenamento de dados, baseia-se na utilização do microcomputador Raspberry Pi. Todos os dados recolhidos são armazenados numa base de dados MySQL.

A aplicação Web processa os dados e potencia informação disponível para consulta através de um Browser. Para o efeito, utiliza-se um módulo de tratamento de dados que processa os dados recolhidos pelo módulo referido no parágrafo anterior, produzindo e apresentando informação útil para a tomada de decisão do utilizador.

Para além dos utilizadores poderem, quando o desejarem, consultar informação sobre o seu sistema, está também disponível a interligação com o sistema central de supervisão (OMS) da Martifer Solar. Esta interligação possibilita uma supervisão permanente da instalação FV através de uma plataforma de monitorização central, que garante um nível de análise mais complexo recorrendo a algoritmos de deteção de falhas já desenvolvidos e testados em parques FV de maior dimensão (potências instaladas de alguns MW). Os dados são disponibilizados para o OMS através de FTP Push.

Na Figura 3 apresentam-se os vários elementos do sistema contemplando designadamente os elementos físicos e lógicos.

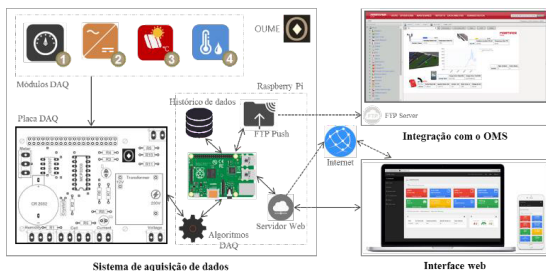


Figura 3. Arquitetura do sistema com estrutura lógica e física.

A. Estrutura física

O sistema de monitorização foi desenvolvido utilizando-se, como componente principal, o microcomputador Raspberry Pi.

A aquisição de dados é feita através de um conjunto de sensores referenciados na Figura 3 como Módulos DAQ (Data Acquisition). Como é possível verificar na mesma figura, estão presentes 4 módulos DAQ enumerados de 1 a 4, sendo:

- 1- Conversor ótico TLS257 utilizado para a monitorização do contador de energia;
- 2- Transformadores de corrente e de tensão utilizados para a monitorização do inversor;
- 3- Sensor de irradiância, o qual foi desenvolvido, e que é constituído por uma célula FV de silício policristalino e por um sensor de temperatura DS18B20.
- 4- Sensor AM2302 utilizado para medição da humidade relativa e da temperatura ambiente.

Este conjunto de hardware é ligado a uma placa PCB desenvolvida, designada por placa de aquisição de dados. Esta placa é constituída essencialmente pelo relógio de tempo real DS1307, pelo conversor analógico-digital de 12 bits MCP3208 e por circuitos eletrónicos para acondicionamento de sinal, sendo ligada ao microcomputador Raspberry Pi através do conector GPIO (General Purpose Input/Output).

B. Estrutura lógica

Na componente lógica foram desenvolvidos vários módulos, designadamente: um módulo de aquisição de dados; uma base de dados; e uma aplicação web. Adicionalmente, foi também desenvolvido um módulo de exportação por FTP Push para envio de dados para o sistema central de supervisão da Martifer Solar. Em seguida descreve-se cada um destes elementos.

O módulo de aquisição de dados é, conforme o seu nome indica, responsável pelo processo de obtenção de dados. Este módulo é, portanto, responsável pela recolha de dados relativos às variáveis elétricas (tensão AC, corrente AC e energia) e às variáveis meteorológicas (irradiância solar, temperatura do painel FV, humidade relativa e temperatura ambiente).

O processo de monitorização envolve, conforme se ilustra na Figura 4, vários elementos, implicando assim o desenvolvimento de vários algoritmos.

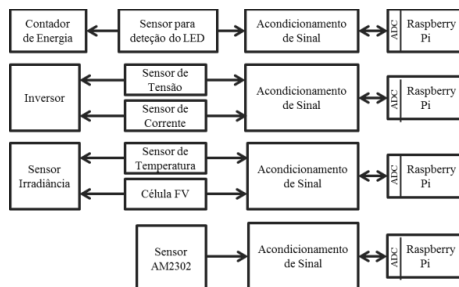


Figura 4. Diagramas gerais de monitorização.

Todos os algoritmos de aquisição de dados foram desenvolvidos utilizando a linguagem de programação Python.

No algoritmo para aquisição dos sinais dos conversores óticos TLS257 foi utilizada a técnica de interrupções, uma vez que este hardware o permite, diminuindo-se assim a latência entre o evento e a perceção deste pelo programa. Nos restantes algoritmos de aquisição foi utilizada a técnica de *pooling*, uma vez que tal permite ler os sinais de maneira relativamente simples, minorando a complexidade e tamanho do código.

Além dos algoritmos de aquisição foram também desenvolvidos algoritmos para deteção de falhas e avarias na instalação FV monitorizada.

Na definição da estrutura da base de dados foi criada uma tabela para cada tipo específico de dados, resultando na criação de um total de 10 tabelas. De forma geral, é pertinente referir-se que os dados armazenados dizem respeito às diversas variáveis que anteriormente foram descritas, indicadores de desempenho da instalação FV, alarmes e outras variáveis calculadas. Cada variável é armazenada e devidamente referenciada ao equipamento em causa bem como ao momento (Data/hora) da sua aquisição. Além das variáveis mencionadas, são também armazenadas na base de dados variáveis auxiliares do funcionamento do sistema, tais como: configurações da instalação FV, definições, utilizadores entre outras. Na base de dados foram também criados procedimentos utilizados para o cálculo dos indicadores de desempenho.

Foi ainda prevista uma funcionalidade que envia um email em caso de falha ou desvios de produção do sistema FV e defeitos do sistema de monitorização.

O sistema de monitorização possui uma aplicação Web que permite a visualização de informação relativa aos dados recolhidos da instalação FV. A aplicação Web permite consultar informação de produção, alarmes e indicadores de desempenho.

A disponibilização de informação através da aplicação Web obedece a uma arquitetura, baseada num modelo de três

camadas: camada de dados, camada processual e camada de apresentação.

A camada de dados regista na base de dados MySQL, com recurso aos algoritmos desenvolvidos em Python, todas as variáveis, indicadores de desempenho, alarmes e outra informação considerada relevante.

Na camada processual são geridos os pedidos que são efetuados pela camada de apresentação. Outro objetivo desta camada é assegurar a separação entre a camada de dados e a de apresentação aumentando assim a segurança, uma vez que se evitam acessos diretos à base de dados.

A camada de apresentação, descrita com maior pormenor na secção seguinte, visa expor, de forma amigável, toda a informação relevante sobre a instalação FV monitorizada. Nesta camada é utilizada a Aplicação Web.

A Aplicação Web funciona de acordo com os seguintes pressupostos (Figura 5):

- Camada de dados: Base de dados no SGBD MySQL;
- Camada processual: Servidor WEB Apache;
- Camada de apresentação: Aplicação Web;
- Comunicação entre camada de dados e processual: pedidos feitos em PHP e informação fornecida em JSON;
- Comunicação entre camada de apresentação e processual: pedidos realizados através de requisições AJAX.

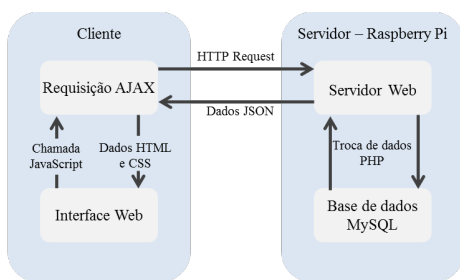


Figura 5. Comunicação cliente-servidor.

Por último foi desenvolvido um módulo de exportação de dados que permite a integração do sistema de monitorização com o OMS da Martifer Solar. Os dados são enviados por FTP Push pelo sistema de monitorização para o servidor FTP da Martifer Solar. Um ficheiro csv é atualizado com todas as variáveis monitorizadas e enviado a cada dez minutos, em concordância com as especificações da Martifer Solar.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

Apresentam-se de seguida algumas das funcionalidades do sistema implementado. Para o efeito, apresentam-se algumas imagens e respetiva descrição da utilização da aplicação Web e da integração com a aplicação de OMS. O sistema de monitorização desenvolvido foi designado por OUME Solar.

A. Interface Web

O OUME Solar possui uma interface gráfica intuitiva, com um design elegante e funcional. Esta aplicação Web foi desenvolvida em HTML5, utilizando-se o *framework Bootstrap*, JavaScript e PHP. É uma interface responsiva, isto é, ajusta-se a diferentes tamanhos de ecrãs (pc, tablet e smartphone). A interface foi desenvolvida em Português, Inglês e Japonês.

O acesso à aplicação Web do sistema de monitorização requer uma autenticação com o nome de utilizador e uma password. A gestão dos utilizadores é realizada através da interface gráfica. As passwords são armazenadas na base de dados usando encriptação MD5.

Relativamente ainda aos utilizadores, é pertinente referir-se que estão disponíveis diferentes níveis de acesso à plataforma, os quais se traduzem no conjunto de menus que é disponibilizado (em função do nível de acesso).

Após a autenticação, o utilizador é redirecionado para a página “Painel Inicial” (Figura 6). Este é o ecrã principal. Aqui, o utilizador tem uma visão global do estado da instalação, incluindo a energia produzida, a existência de alarmes, indicadores de desempenho entre outra informação considerada relevante.

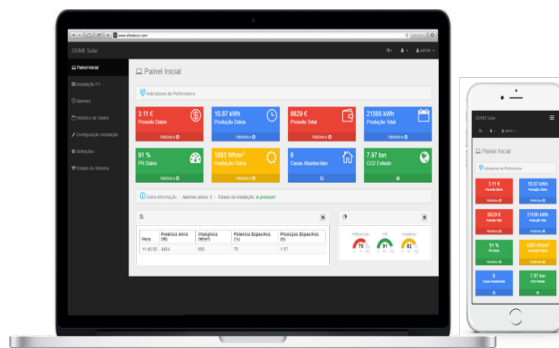


Figura 6 – Ecrã principal Painel Inicial em diferentes dispositivos.

O ecrã “Instalação FV” (Figura 7) permite uma visão individual dos equipamentos monitorizados e as respetivas variáveis. Está também presente um gráfico que compara o nível de irradiação solar com a potência ativa da instalação FV. No desenvolvimento dos gráficos foi utilizada a biblioteca *Morris Chart*.

No ecrã “Alarmes” o utilizador pode consultar todos os alarmes ativos no momento bem como é possível a consulta de todo o histórico de alarmes ocorridos. O utilizador tem ainda a opção de ativar o envio de alertas por correio eletrónico, fazendo com que o sistema de monitorização envie uma mensagem assim que seja despoletado um conjunto de alarmes selecionado. Na Figura 8 é mostrada uma mensagem de correio

eletrônico enviada pelo OUME Solar após uma avaria no sensor de irradiância e uma paragem indevida do inversor do sistema FV.

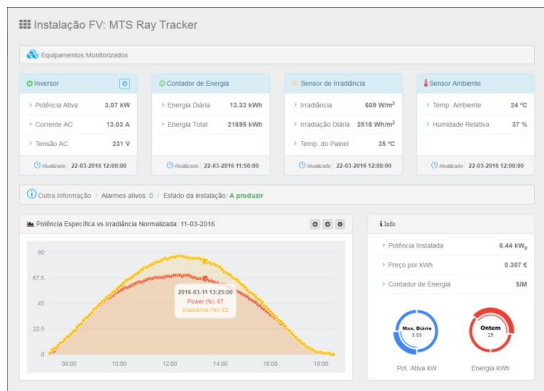


Figura 7. Ecrã “Instalação FV.

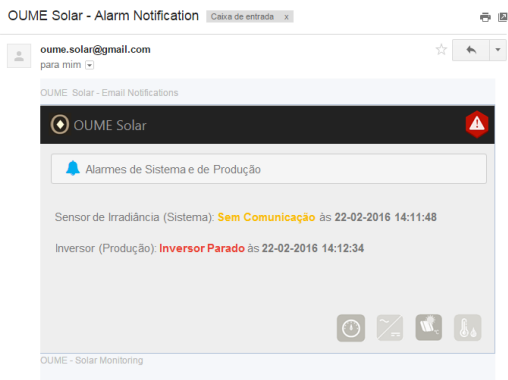


Figura 8. Exemplo de mensagem de correio eletrónico enviado para o utilizador.

V. CONCLUSÕES

Este artigo apresenta uma estrutura de um sistema de monitorização desenvolvido para aplicação com instalação FV de pequena dimensão (alguns kW de potência instalada e topologia mono-inversor). A estrutura proposta caracteriza-se por um alto nível de integração, pelo seu baixo custo quando comparado com o custo do sistema FV a monitorizar e pela fácil instalação na maioria das centrais fotovoltaicas de pequena dimensão.

O sistema desenvolvido permite identificar, em tempo útil, situações de falha de produção de energia e elaborar análises de desempenho das instalações monitorizadas (calculando indicadores de desempenho). Para o efeito, o sistema recolhe, armazena e processa variáveis elétricas e meteorológicas relevantes no contexto da monitorização de instalações FV. O acesso à informação relativa à instalação monitorizada é conseguido com recurso a uma aplicação web, desenvolvida com o foco nos dispositivos móveis. Adicionalmente, o sistema contempla a ligação ao sistema central de supervisão da Martifer Solar (empresa focada no desenvolvimento, operação e manutenção de sistemas FV), permitindo o acompanhamento permanente das instalações monitorizadas.

REFERÊNCIAS

- [1] L. Cristaldi, M. Faifer, A. Ferrero e A. Nechifor, “On-Line Monitoring Of The Efficiency Of Photo-Voltaic Panels For Optimizing Maintenance Scheduling,” 2010, Pp. 954–959.
- [2] Ministério da Economia e da Inovação, *Decreto-Lei N.º 363/2007*, 2007.
- [3] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Decreto-Lei N.º 118-A/2010*, 2010.
- [4] Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, *Decreto-Lei N.º 34/2011*, 2011.
- [5] Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, *Decreto-Lei N.º 153/2014*, 2014.
- [6] STS Solar, “STS Solar,” *Sts Solar*, 2016. [Online]. Available: [Http://Solar.Sts.Bg/En](http://Solar.Sts.Bg/En).
- [7] W. Xiao, M. G. J. Lind, W. G. Dunford e A. Capel, “Real-Time Identification Of Optimal Operating Points In Photovoltaic Power Systems,” *Ieee Trans. Ind. Electron.*, Vol. 53, No. 4, Pp. 1017–1026, Jun. 2006.
- [8] Solar Data Systems, Inc., “Solar Data Systems,” *Rtone*, 2016. [Online]. Available: [Http://www.Solar-Log-America.Com/Us/Home.Html](http://www.Solar-Log-America.Com/Us/Home.Html).
- [9] Rbee Solar, “Rbee Solar,” *Rbee Solar*, 2016. [Online]. Available: [Http://www.Rbeesolar.Fr/En-Gb/](http://www.Rbeesolar.Fr/En-Gb/).
- [10] Solar Edge, “Solar Edge,” *Solar Edge*, 2016. [Online]. Available: [Http://www.Solaredge.Com/](http://www.Solaredge.Com/).
- [11] Enphase Energy, “Enphase Energy,” *Enphase Energy*, 2016. [Online]. Available: [Https://enphase.Com/En-Us/Products-And-Services/Envoy](https://enphase.Com/En-Us/Products-And-Services/Envoy).
- [12] SMA Solar Technology Ag, “Sma Home Systems,” *Sma Home Systems*, 2016. [Online]. Available: [Http://www.Sma-America.Com/Home-Systems/Overview.Html](http://www.Sma-America.Com/Home-Systems/Overview.Html).

Learning programming through stepwise self-explanations

Viviane C. O. Aureliano
Federal Institute of Pernambuco
Campus Belo Jardim
Belo Jardim, Pernambuco, Brazil
vcoa@cin.ufpe.br

Patricia C. de A. R. Tedesco
Center for Informatics
Federal University of Pernambuco
Recife, Pernambuco, Brazil
pcart@cin.ufpe.br

Michael E. Caspersen
Centre for Science Education
Aarhus University
Aarhus, Denmark
mec@cse.au.dk

Abstract — In this article we present an approach where students self-explain small pieces of code while they are studying the process of building programs from videos used as instructional material. To evaluate our approach, we carried out an experiment in which we compared it with another approach where students self-studied the same videos. Although we could not confirm that the difference between the two groups was significant, we found a positive correlation within the instructional group between participants' answers to the self-explanation questions and participants' final results. Besides that, participants provided positive feedback regarding our approach. These findings suggest our approach should be investigated in further detail, especially with regard to which instructional conditions are more effective for it.

Keywords - Learning programming; novices; videos; self-explanations.

I. INTRODUCTION

The literature about programming education shows that novice learners experience several difficulties in acquiring programming skills. Novice programmers have fragile knowledge and, because of that, struggle when they have to apply the acquired knowledge in new situations of use [1]. Nevertheless, the major difficulty experienced by novices is how to combine and use basic structures appropriately to build a program [1][6][7].

As a way to overcome these difficulties, teachers should guide novice learners while they are teaching the programming process. One means of guiding novices is through the use of Stepwise Improvement (SI) [6][7], a framework that describes programming as an iterative and incremental process. Using instructional material structured according to this framework, novices can learn programming by developing small pieces of code in a systematic and incremental way.

However, since students do not know how to study for the needs of a programming course [25], the structure of the material alone is not sufficient to make students learn. Thus, besides the guidance regarding the structure of the instructional material, novice learners should be guided while they are learning the programming process. One evidence-based practice for improving student learning by guiding them while they are studying from some instructional material is through using self-explanations (SEs) [2][3][4]. In the programming education area, previous studies have shown SE practice is beneficial for those learners who use it [4][13][16][17][18][19].

In this context, our approach combines the SI framework with SEs in order to promote and guide novice learners' SEs while they are learning the programming process from examples presented in videos used as instructional material. Through this approach, we expect novices to study programming appropriately from these examples, and, in consequence become able to apply and use concepts that they have learned in order to implement programs that match defined requirements.

II. STEPWISE IMPROVEMENT

SI is a conceptual framework that describes programming as a systematic and incremental process that encompasses three types of activities: extension, refinement and restructuring, organized in a three-dimensional space that is explored by programmers while they are building programs [6][7]. Extension occurs when the specification is expanded in order to cover more (use) cases. Refinement occurs when abstract code is modified and becomes an executable code that implements the current specification. Restructuring occurs when an improvement of nonfunctional aspects of a solution is made (i.e., this modification does not involve a change in the apparent behavior of the solution). Figure 1 illustrates a development sequence according to SI. It consists of five ordered steps: extension, refinement, extension, refinement and restructuring.

SI provides a general framework for the characterization of the programming process. However, the primary motivation for developing the SI framework was to use it for educating novices in the skills of programming. Caspersen and Kölling [7] advocate its application in a similar way to using guided tours rather than leaving students to walk randomly on their own. In order to conduct learners' steps in the programming space offered by the framework, the authors state that teachers should be concerned with the right amount of guidance given during instruction. Using SI guarantees that important aspects of programming education are balanced: training learners' programming skills and, at the same time, keeping the cognitive load under control while students are learning.

In that sense, SI brings a significant contribution to the field of programming education. It provides guidance in the activities that it encompasses. Regarding the extension and restructuring activities, it provides guidance in the way that the instructional material is structured. Therefore, programming textbooks, assignments, lectures and examples, among other

instructional materials, can be structured using the activities defined by the framework. Regarding the refinement activity, Caspersen [7] defined an object-oriented programming process for teaching novice learners.

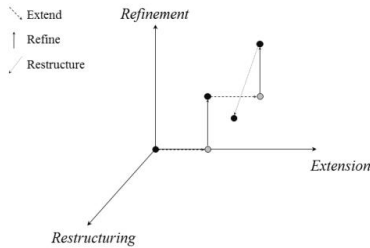


Figure 1. An example of a development sequence in SI.

III. SELF-EXPLANATIONS

The SI framework provides guidance regarding the structure of instructional material. However, it does not provide any guidance regarding the way that students can study and understand instructional material. In our approach, we propose such guidance through the use of SEs. Clark, Nguyen and Sweller [11] defined SE as “a mental dialog that learners have when studying a worked example that helps them understand the example and build a schema from it”. According to Chiu and Chi [10], the activity of self-explaining promotes learning through elaboration of information being studied, associating this new information with learners’ prior knowledge, making inferences, and connecting two or more pieces of the given information.

The benefits of SE (i.e., SE effect) were first shown by Chi, Bassok, Lewis, Reimann and Glaser [2]. They found that good students, who self-generated a greater number of explanations while studying examples in the physics domain, scored better at problem solving when compared to poor students. Good students’ explanations provided justifications for steps in the examples and related those steps to the concepts presented in the instructional material. Those students also monitored their understanding while studying the examples.

After that, the SE effect was demonstrated by many other studies in different domains, instructional contexts and types of instructional materials [3][10][11][12][14][15]. The studies by Pirolli and Recker [13] and Bielaczyc, Pirolli and Brown [4] were the first ones to demonstrate the SE effect in the programming domain. Pirolli and Recker [13] suggested that learners who could explain programs in an abstract manner or could explain the operation of the program learned better. Bielaczyc, Pirolli and Brown [4] demonstrated that students who were trained to self-explain while studying from instructional texts including examples obtained a better programming performance when compared to those students who were not trained.

More recently, some other studies have investigated the effects of SE in the programming domain. Kwon, Kulamasari and Howland [16] demonstrated the benefits of using open SE prompts while debugging web-program code in an online learning environment. Yen-Chu [17] included additional

classes in a course where an instructional group learned how to self-explain computer architecture diagrams to learn assembly. These classes fostered learning of assembly and computer architecture in the instructional group. Lee, Ko and Kwan [18] added multiple choice and SE assessment levels to a programming educational game. Their findings suggested greater student engagement and understanding. Vihavainen, Miller and Settle [19] included SE questions in programming assignments and demonstrated that students who received the SE instructional material performed better than those who did not.

IV. STEPWISE SELF-EXPLANATION

Our approach is built on two lines of research: (1) the SI framework and (2) SEs. The SI framework was used to structure a set of examples presented in videos. We have chosen videos as instructional material in our approach because of their advantages. First, in contrast to textbooks, which are static, videos are an ideal instrument for showing the dynamic process of programming to novices [5]. For instance, videos play a fundamental role in showing how to use an IDE or how to implement programs incrementally, as proposed by the SI framework [5]. Second, students can manipulate those videos (i.e., play, forward or rewind) at their own pace and as many times as they need while studying programming [5]. Third, learners can watch videos wherever they are, either inside or outside the classroom. Fourth, watching videos to learn about a subject can be a very familiar activity for today’s learners, also known as digital natives [22].

Since our approach is intended to teach programming to novice learners, we have used videos in which the teacher (expert programmer) performed only a sequence of extension and refinement activities. While performing an extension activity, the teacher described briefly the goal he wanted to achieve. Straight after that, while performing a refinement activity, he described how he implemented the piece of code that achieved that goal. Therefore, while learning from these videos students should achieve the intended learning outcomes (ILOs) defined from the SI framework and presented in Table 1.

TABLE I. ILOs DEFINED FROM THE SI FRAMEWORK.

Activity	Intended learning outcomes
Extension	Describe a goal that should be achieved in the use case being extended.
Refinement	Apply concepts of programming language to build an implementation that matches the goal previously described.

However, because many students do not know how to study properly for the needs of a programming course [21], the structure of these videos alone is not sufficient to make them learn. For learning to happen, it is necessary that learners understand the process of building programs presented by these videos. Thus, to help learners in understanding this material, after each extension and refinement performed by the teacher, students are invited to engage in a SE learning activity aligned with the extension and refinement activities they have just seen in the video [9]. This combination of watching the implementation of small pieces of code and then self-explaining the steps taken to implement those pieces while the

example is being built, is illustrated in Figure 2. This approach was named stepwise self-explanations (SSE), because students are explaining to themselves small pieces of code while they are being implemented incrementally in the video.

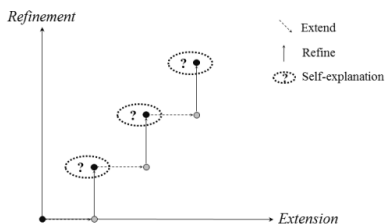


Figure 2. Stepwise self-explanation approach.

To illustrate this approach, we have chosen to use a small set of The Joy of Code videos [8] as instructional material. These videos teach Java programming language using the Greenfoot tool, and were produced according to the SI framework ideas. We present a screenshot of a video section of The Joy of Code in Figure 1. In this video section, the teacher performed an extension followed by a refinement activity. Because of that, he described the goal he wanted to achieve with the new use case he was covering with extension. Also, he described how he built an implementation that matched that goal. In this case, the goal was to make the turtle move, and the sequence of steps performed to build an implementation that matched that goal was to write the line `move(1)`; inside the void `act()` method. After watching this video section, students were able to answer corresponding SE prompts related to the activities performed. These SE prompts are presented in Table 2. Similar to [4], we have defined these SE prompts using the five Ws and one H (who/what/where/when/why/how) principles of questioning.

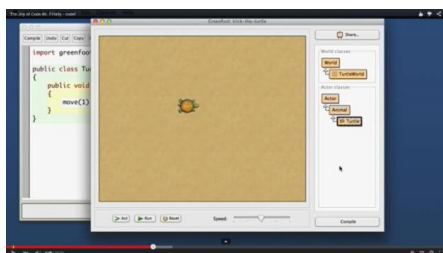


Figure 3. Screenshot of the Joy of code video recording.

The research by Pirolli and Recker [13] and Bielaczyc, Pirolli and Brown [4] also used examples as part of their instructional material, but their examples were presented to students statically and entirely on paper. Instead, the examples used in our approach are presented in videos and, because of that, they are essentially dynamic. Besides that, our approach has adopted the SI framework to structure the instructional material and the SE questions. To our knowledge, no other previous work in the programming domain has studied SE from examples presented in videos.

TABLE II. QUESTIONS RELATED TO THE JOY OF CODE VIDEO.

Activity	Questions
Extension	What is the main goal of the piece of code that he has just written?
Refinement	What were the steps/actions that he performed to achieve the goal he intended to? How did he write code to make the turtle move? What is the purpose of the parameter (number '1') in the move method? Where did he write code to make the turtle move? When did he use the move method? After he had compiled and run the code, how was the turtle behaving?

V. STUDY DESCRIPTION

The main goal of the present study was to verify whether there was any benefit in using our approach of stepwise self-explanations of examples presented in videos. To reach this goal, we have compared our approach against a traditional one, in which students studied programming from videos without any SE prompts to guide their study. Besides that, we have also verified whether a relationship exists between the learning and programming phases within the group that studied according to our approach. Thus, from the present study, we answered the following research questions:

- [RQ1] Was the score of the final programming practice exercise of the instructional group greater than that of the control group?
- [RQ2] Was there any correlation between the SE questions answered correctly and the score of the final programming practice exercise of the instructional group?

A. Participants

This study was carried out in a technical high school located in Aarhus, Denmark in September 2014. Fourteen second-year students of this school volunteered to participate in the study. They were divided into two groups randomly. The instructional group (SE group) studied videos using SE prompts while the control group (SS group) studied videos using their own way of studying (i.e., self-study).

B. Instructional material

As mentioned before, we used Java as a programming language and Greenfoot as a development tool. Therefore, the instructional materials used during this study were:

- (i) episodes 1, 3 and 4 of The Joy of Code videos [9]. These videos were edited to make clear the boundaries between different sequences of extension and refinement activities;
- (ii) the Hedgehogs, Turtle and Crab scenarios available on The Joy of Code website;
- (iii) initial and final programming exercises based on the exercises from Introduction to Programming with Greenfoot [20]; and
- (iv) a set of SE questions.

C. Procedure

The study consisted of five phases: (i) pre-information phase; (ii) information phase; (iii) learning phase; (iv) programming phase; and (v) post-programming phase,

performed in two sessions that took place on two different days. The first session was performed online by using a webpage and was planned to last approximately 1.5 hour. This first session consisted of the first two phases of the study, pre-information and information phases, as shown in Figure 4. The pre-information phase consisted of three activities. First, we explained the experiment to the student and collected the student's consent (or their parents' consent if they were under 18 years of age). The consent form was given previously to participants and they had to bring it back to the classroom session. Second, we collected demographic information about participants and data about their previous experience when studying from videos through an online questionnaire. A computer lab was not available for running our study; consequently we had to ask students to use their own computers. For this reason, at the end of this pre-information phase, we asked students to install in their computers Greenfoot and a software to record their computers' screens.

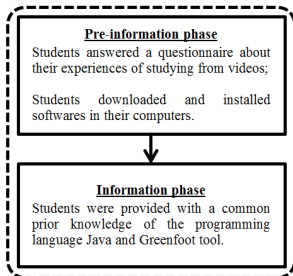


Figure 4. Online session.

The information phase consisted of two activities. First, participants had to watch sections of the episodes 1 and 3 of The Joy of Code videos. The section of episode 1 presented some examples of what students could build using Greenfoot development tool and it was used to motivate students for participating in the study. The section of the episode 3 presented some basic concepts of object oriented programming in Java, such as classes, objects and methods, and it was used to give students some prior knowledge in the subject. Students were instructed not to watch these two videos more than twice during this phase. After watching these videos, they had to do an initial programming practice exercise. This exercise was used as warm-up exercise and it aimed to assure that they could (i) use Greenfoot, (ii) record their computers' screens while they were doing the exercise and, after finishing it, (iii) upload the resulting video in a given Dropbox account.

The second session was performed at the participants' school and lasted 1.5 hour. It consisted of the last three phases of the study; learning, programming and post-programming phases, as showed in Figure 5. To this session, students were randomly divided into two groups, SE group and SS group. To do the activities in parallel, the groups were placed in different classrooms and each student used their own computer and headphone. To control the activities, each group had a different mediator; the SE group was conducted by the first author of this paper; the SS group was conducted by another researcher

from our research group at <omitted for submission> trained for the mediation by the first author.

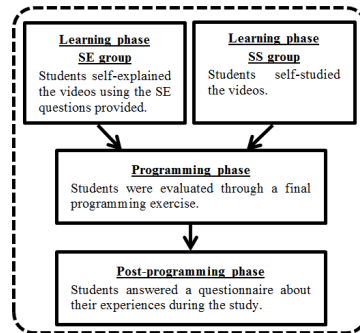


Figure 5. Classroom session.

During the learning phase, students had to watch a set of 4 sections of the episode 4 of The Joy of Code videos. Each video section consisted of a sequence of extension and refinement activities to teach the students how to make an object act in the Greenfoot world. To make the boundaries between two different sequences performed by the teacher, these videos were cut after every refinement activity. After watching each video section, students from both groups had the same amount of time to study it. To collect data about how students in the SE group self-explained each video section using the corresponding SE prompts, students from the SE group were instructed to study each video section by answering the proposed questions on paper. Similarly, students from the SS group had blank sheets of paper if they wanted to write some notes while studying each video section. During this time of study, students from both groups could watch the video section one more time if they wanted to.

To compare the performance of both groups, during the programming phase students were evaluated through a final programming practice exercise. The time for doing this final exercise and the practice exercise itself were identical for both groups. To analyze the students' dynamic process of programming, they were instructed to record their computers screens while they were answering the final exercise and, after finishing it, to upload the resulting video in the Dropbox account they had used previously.

Finally, at the end of this classroom session, students from both groups answered a final questionnaire to evaluate their experience of learning programming from videos in this study. In addition, the SE group evaluated the proposed approach of self-explaining these videos while learning programming.

VI. RESULTS

The results we obtained from the data collected during the online and classroom sessions are presented in the following subsections.

A. Data collected during online session

From the initial questionnaire, we have collected the following data. The SE group had 7 participants, but one of

them had problems with his computer and his data was not used. The remaining SE group students were between the ages of 16 and 19 years old (mean = 17.33). They had no prior programming experience. All of them, but one have used videos from Youtube for learning some subject (e.g., they used videos for learning how to use a software (n=3) and learning how to make a game (n=3)). To study the mentioned subjects, they have used videos in the ways depicted in Table III.

TABLE III. HOW PARTICIPANTS IN SE AND SS GROUPS HAVE USED VIDEOS WHILE STUDYING SOME SUBJECT.

How have you used these videos?	#students of	
	SE group	SS group
I have paused, forwarded or rewinded in order to pay attention in specific parts of the video	5	3
I have watched more than one time the same video	4	3
I have watched more than one time parts of the same video	2	1
I have tried to reproduce what I was seeing in the video	2	4
I have made notes while I was watching the video	1	1
I have answered questions while I was watching the videos	1	1
I have simply watched the video without making any other activity	1	1

The SS group also had 7 students, but one of them had prior programming experience and his data was not used. The remaining SS group students were between the ages of 16 and 18 years old (mean = 17.17) and they had no prior programming experience. Similar to SE group, all 6 students in SS group, but one have used videos from Youtube for learning some subject (e.g., they used videos for learning how to make games (n=4)). To study the mentioned subjects, they have used videos in the way depicted in the Table III.

The videos of students' computer screens, recorded during the online session showed that all of them could (i) use Greenfoot and the software to record their computers' screens after installing them; (ii) use the Dropbox folder to upload the resultant videos; and (iii) finish the initial programming practice exercise. Then, all of them could use the tools needed for the classroom session of the study.

B. Data collected during classroom session

To answer [RQ1], we examined written answers and videos of students' final programming practice exercise from both groups. These data complement each other, so we looked at them together to grade students' practice exercises. The final practice exercise had 5 questions and students' grades could be a maximum of 40 points. The score in the SE group ranged from 25 to 37 points, with the median at 34.5 and a mean of 33.33 (SD = 4.32). The score in the SS group ranged from 29 to 35 points, with the median at 32 and a mean of 32 (SD = 2.76). However, we cannot confirm that the difference between scores of SE group and scores of the SS group is significant (Mann Whitney's $U=11.5$, $z=-1.052$; $p=0.29$) regarding the final programming practice exercise. Consequently, our data does not enable us to distinguish between the approaches used in the SE group and in the SS group respectively.

To answer [RQ2], we examined students' SE written answers together with the scores of SE group students' final programming practice exercise. Each answer to the SE questions was graded in a maximum of 1 point (wrong answer - 0; half-right answer - 0.5; correct answer - 1). We proposed a set of 38 SE questions, so in total, students could have a maximum score of 38 points. The scores for the SE answers ranged from 16 to 26.5 points, with the median at 22 and a mean of 21.36 (SD = 3.76). We found a significant correlation (Spearman's $\rho=0.899$, $p=0.007$) between the scores obtained from students' SE answers during learning phase and the scores of students' final programming practice exercises answers during programming phase.

At the end of the study, we asked for students' feedback through a final questionnaire. When asked about their experience studying from videos, SE group presented positive feedback. Students found it easy (n=4), because they could re-watch the videos in case of doubts (n=2) or reproduce the content they learned from the videos using Greenfoot (n=1). Other adjectives used were: interesting, great and fun. When asked about using videos combined with SE questions, SE group also presented positive feedback. They found it helpful (n=4), because the questions helped them to remember things (n=2), the questions were important to summarize the information learned (n=1), and because they could monitor what they had learned (n=1). Despite this positive feedback, our approach of videos combined with SE questions was considered very time-consuming (n=4).

Similarly, SS group also presented positive feedback when asked about their experience. Students found to study from videos was easy to understand the subject (n=4). In particular, they said The Joy of Code videos were very good, simple and more understandable than others they had watched previously because the teacher presented the code as a simple step-by-step guide and at an appropriate speed. When asked about the activities they performed while studying from videos, they said they wrote down on paper what they found important and hard to remember (n=2).

C. Discussion

Examining the scores from students' final practice exercises in SE group and SS group, we could not confirm the difference between the scores from the two groups was significant. Therefore, the SE effect could not be replicated in this study because of a combination of two reasons. First, the content learned might have been too simple for the participants. In general, studies that support the SE effect in programming only looked at more complex content than those we have investigated. However, due to time constraints, students had to learn very simple tasks during its learning phase. Consequently, students in both groups did not experience a high level of difficulty in studying and solving associated problems in the present study. This issue was confirmed with students' feedback about learning from videos.

Second, the instructional explanations presented in the videos also might have contributed for this result. These instructional explanations contained the answers to the SE questions that the instructional group had to answer. Besides that, we observed from SS group's notes that some of them

were equivalent to answers to SE questions. For example, notes from five students in SS group were related to the code produced. These notes correspond to answers to the questions related to a refinement activity in SE group. Thus, it seems that students in SS group benefited from instructional explanations presented in the videos and, in consequence, engaged in a learning activity that was similar to that of SE group. As a result, students in SS group had similar learning outcomes when compared to the students in SE group.

Besides that, we found a significant positive correlation between scores for the SE answers and scores of students' final programming practice exercise in the SE group. Our analysis showed that almost 90% of the variation in the scores of SE group final practice exercise can be explained by the variation in the scores for their answers to SE questions. Thus, students from SE group who answered more correctly SE questions in learning phase had the best performance in programming phase.

Besides that, students had a positive feedback regarding our approach. Regarding the use of videos as instructional materials in this study, students' opinions from both groups suggested they enjoyed it. Regarding the use of SE questions, most of the students in the SE group found it helpful. Although students of SE group had a good experience using our approach, most of them considered the approach very time-consuming.

VII. CONCLUSION AND FUTURE WORK

In this article, we presented our approach to learning programming through stepwise self-explanations of examples presented in videos. To evaluate our approach, we carried out an experimental study with second-year students in a technical high school in Denmark. We assumed that by learning programming through our approach students in SE group would outperform students in SS group. However, we could not confirm that the difference between the two groups was significant, and, as a consequence, we could not replicate the SE effect in the context of this study. In our opinion, the lack of effect happened because of these reasons: (i) the low level of difficulty of the content chosen and (ii) the instructional explanations presented in the videos.

Despite this result, the significant correlation between learning and programming phases within SE group suggests the proposed SE questions served as a useful starting point in our approach. This result also suggests our approach should be investigated in further detail, especially with regard to which instructional conditions are more effective for it. Because of that, as future work, we should (i) choose a more difficult content in the programming domain to carry out a next experiment and (ii) be concerned not only about how to phrase SE questions but also about the most appropriate time to ask those SE questions while students are watching videos.

REFERENCES

[1] Robins, A.; Rountree, J.; Rountree, N. Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion, *Computer Science Education*, v. 13, n. 2, p. 137-172, 2003.

[2] Chi, M. T. H.; Bassok, M.; Lewis, M.; Reimann, M., & Glaser, R. Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182, 1989.

[3] Chi, M. T. H.; Deleeuw, N.; Chiu, M.; Lavancher, C. Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477, 1994.

[4] Bielaczyc, K.; Pirolli, P.; Brown, A. L. Training in self-explanation and self-regulation strategies: Investigating the effects of knowledge acquisition activities on problem solving. *Cognition and Instruction*, 13, 221-253, 1995.

[5] Bennedsen, J.; Carpersen, M. E. Exposing the Programming Process. In *Reflection on the Theory of Programming: Methods and Implementation*, J. Bennedsen, M. E. Carpersen, M. Kölling (Eds.) Springer-Verlag, 6-16, 2008.

[6] Caspersen, M. E. Educating Novices in the Skills of Programming. PhD dissertation PD-07-4, Department of Computer Science, University of Aarhus, 2007.

[7] Caspersen, M. E.; Kölling, M. STREAM: A First Programming Process. *Trans. Comput. Educ.*, v. 9, n. 1, p. 1-29, 2009.

[8] Kölling, M. The Joy of code [Video recordings]. 2012. Available: <http://bit.ly/ljbTbHq>

[9] Biggs, J.; Tang, C. *Teaching for Quality Learning at University*. New York, N.Y.: McGraw-Hill/Society for Research into Higher Education/Open University Press, 2011.

[10] Chiu, J. L.; Chi, M. T. H. Supporting self-explanation in the classroom. In V.A. Benassi, C.E. Overson, & C.M. Hakala (Eds.). *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the curriculum*, 2014. Available: <http://bit.ly/KbYLtG>

[11] Clark, R. C.; Nguyen, F.; Sweller, J. *Efficiency in Learning: Evidence-Based Guidelines to Manage Cognitive Load*. Wiley, 2005. ISBN 978-0-7879-7728-3.

[12] Berthold, K.; Renkl, A. Fostering the understanding of multi-representational examples by self-explanation prompts. In: BARA, B. G.; BARSALOU, L., et al, *Proceedings of the CogSci 2005*, 2005. Erlbaum. p.250-255.

[13] Pirolli, P.; Recker, M. Learning Strategies and Transfer in the Domain of Programming. *Cognition and Instruction*, v. 12, n. 3, p. 235-275, 1994/09/01, 1994.

[14] Renkl, A. Learning from Worked-Out Examples: A Study on Individual Differences. *Cognitive Science*, v.21, n.1, p.1-29, 1997.

[15] Crippen, K. J.; Earl, B. L. The impact of web-based worked examples and self-explanation on performance, problem solving, and self-efficacy. *Comput. Educ.*, v. 49, n. 3, p. 809-821, 2007.

[16] Kwon, K.; Kumalasar, C. D.; Howland, J. L. Self-Explanation Prompts on Problem-Solving Performance in an Interactive Learning Environment. *Journal of Interactive Online Learning*, v. 10, n. 2, p. 96-112, 2011.

[17] Yen-Chu, H. Combining Self-Explaining With Computer Architecture Diagrams to Enhance the Learning of Assembly Language Programming. *Education, IEEE Transactions on*, v. 55, n. 4, p. 546-551, 2012.

[18] Lee, M. J.; Ko, A. J.; Kwan, I. In-game assessments increase novice programmers' engagement and level completion speed. *Proceedings of the ninth annual international ACM conference on International computing education research*. San Diego, San California, USA: ACM: p. 153-160, 2013.

[19] Vihavainen, A.; Miller, C. S.; Settle, A. Benefits of Self-explanation in Introductory Programming. *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. Kansas City, Missouri, USA: ACM: p. 284-289, 2015.

[20] Kölling, M. *Introduction to Programming with Greenfoot: Object-oriented Programming in Java with Games and Simulations*. Prentice Hall, 2010. ISBN 9780136037538.

[21] Gomes, A., Mendes, A.J. Learning to program - difficulties and solutions. *International Conference on Engineering Education – ICEE 2007*, Coimbra, Portugal.

[22] Prensky, M. R. *Teaching Digital Natives: Partnering for Real Learning*. SAGE Publications, 2010. ISBN 9781452271408.

Gestión del Cambio para Proyectos Tecnológicos

Usando un Modelo Integral de Gestión del Cambio

Change management in Technology Projects

Using a Comprehensive Model of Change Management

Eduardo Olguín Macaya¹

¹Universidad San Sebastián
Facultad de Ingeniería y Tecnología
Santiago, Chile
eduardo.olguin@uss.cl

Broderick Crawford^{2,3}, Ricardo Soto^{2,4,5}

²Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

³Universidad Central de Chile, Chile

⁴Universidad Autónoma de Chile, Chile

⁵Universidad Científica del Sur, Perú

broderick.crawford@pucv.cl, ricardo.soto@pucv.cl

Resumen — Los proyectos tecnológicos, incluyendo la introducción de sistemas como los de tipo CRM o ERP, tienen un impacto en las emociones, percepciones y resultados de las personas, así como en la cultura organizacional de una empresa. También tienden a generar una serie de problemáticas de gestión que son rara vez abordadas, y que pueden empujarlos al fracaso.

Los gestores de tecnología deben aprender a gestionar los cambios asociados con la introducción de nuevas tecnologías e innovaciones tecnológicas. La gestión del cambio, una disciplina relativamente nueva, ofrece nuevas perspectivas para enfrentar los costos y riesgos asociados con los procesos de cambio. Analiza aspectos críticos de la gestión como el rol del liderazgo, la coordinación, el diseño de procesos y las estrategias de introducción. Se da un especial énfasis en habilidades blandas como la gestión de emociones, la comunicación de objetivos y logros y el manejo de un aspecto crítico como son las estructuras de poder y su evolución durante los procesos de cambio.

Palabras Clave – Gestión del cambio, proyectos tecnológicos, aprendizaje, liderazgo, diseño, habilidades blandas.

Abstract — Technology projects, including the introduction of new systems such as CRMs and ERPs, have an impact on people's emotions, perceptions and performance, as well as on organizational and company culture. They also tend to raise a series of management issues that are seldom addressed, causing many technology projects to fail.

Technology managers must learn how to manage those changes associated with the introduction of new systems and technical innovations. Change management, a relatively new discipline, offers new perspectives to address the costs and risks associated with change processes. It analyzes critical management issues such as the role of leadership, coordination, process design, and implementation strategies. Special emphasis is given to soft skills such as managing emotions, communicating project goals and achievements, and handling the critical issue of power structures and their evolution during change processes.

Keywords – Change Management, technology projects, learning, leadership, design, soft skills.

I. INTRODUCCIÓN

Con frecuencia las empresas se enfrentan a fenómenos como los siguientes: se instala un ERP y el personal no lo quiere usar; no se le saca el provecho esperado a las plataformas de CRM; el proyecto de cambio de un sistema demora el triple del tiempo esperado y usando el doble de los recursos; se generan resistencias internas al rediseñar los procesos, etc.

Gestionar proyectos de tecnología en las empresas manufactureras y de servicios siempre genera impactos en las personas, la organización y muchas veces en la cultura de empresa. Esto ocasiona retrasos en los proyectos, aumento en los recursos inicialmente planificados y daños organizacionales. Toda esta problemática repercute en desconfianza hacia los equipos y áreas de tecnología.

Cameron y Green señalan que “Pese a la sofisticación de los equipos disponibles y el rango de las técnicas y herramientas, las organizaciones aún no son capaces de obtener el valor económico que esperan en el momento de embarcarse en algún cambio basado en tecnologías” [1].

Ambos autores plantean que el origen del problema está en la disonancia cognitiva entre los expertos en tecnología y la gerencia. Los primeros no necesariamente entienden la visión y los objetivos organizacionales, y los segundos no saben cómo trasladar estos objetivos a inversiones tecnológicas específicas.

Es un imperativo para los profesionales de las áreas de tecnología informática aprender a gestionar los impactos organizacionales de sus proyectos, la naturaleza de la motivación y la resistencia en las organizaciones; en otras palabras, deben aprender gestión del cambio.

La gestión de cambio es una disciplina relativamente nueva y para muchas organizaciones aún desconocida, que se enfoca en estas problemáticas. Su propósito es hacer que los procesos de cambio ocurran sin producir los altos costes que muchas veces se generan al introducir nuevas herramientas en la organización, y velar porque éstos tengan el éxito esperado.

Desde comienzos de la década pasada existe una creciente literatura que busca explicar las condiciones de éxito o de fracaso de los procesos de cambio organizacional, sean de naturaleza externa, relacionadas con el mercado, la competencia o los shocks económicos, o de naturaleza interna, como cambios en el liderazgo, diseños estratégicos, fusiones de área, etc.

Estos autores abordan la gestión del cambio desde una perspectiva global. Anderson y Ackerman (2010) citan un estudio realizado por IBM a 1.500 ejecutivos de gestión del cambio en más de 15 países, de los cuales un 60% declaró que los esfuerzos de cambio fracasan en alcanzar sus objetivos. Los autores se preguntan si esta tasa de fracaso es resultado de la resistencia al cambio inherente en las personas, a problemas de diseño o de liderazgo [2].

Otros, como Hiatt, ofrecen planillas de distinciones y acciones relevantes para un proceso de gestión del cambio exitoso. Para esta autor la clave radica en “construir consciencia, crear deseo, desarrollar conocimiento, estimular la capacidad y reforzar el cambio”, categorías que resume por sus iniciales en inglés en el llamado modelo ADKAR [3].

Curiosamente, los proyectos de gestión de cambio de base tecnológica Hiatt los reduce a una mera cuestión de conocimiento técnico [3].

Una visión de gestión del cambio aplicada específicamente a proyectos tecnológicos es la de los ya citados Cameron y Green. Ellos distinguen entre los procesos de reingeniería de negocios, muy populares en los años 90, el “diseño socio técnico”, basado en la metáfora del organismo, y proponen una combinación entre ambos a la que denominan metodología PROGRESS [1].

II. PROBLEMÁTICA

La revisión de la literatura y de casos concretos nos muestra que la principal problemática para enfrentar los proyectos tecnológicos con un adecuado proceso de cambio radica en cinco causas paradigmáticas.

A. Causa 1: No comprender que el proyecto de tecnología afecta a la organización.

Los proyectos tecnológicos si bien redundan en mejoras para la organización, afectan a las personas y tienen consecuencias sobre ellas. Estos impactan directamente a las personas, porque implican cambios en ellas, en uno o más dominios de su existencia, por ejemplo, formas de trabajar, habilidades, creencias, actitudes, valores, etc.

Una consecuencia directa de esto es que la organización y sus personas tienen que aprender y generar un cambio de segundo orden [4] [5]. Muchas veces esto implica cambios de conducta y formas de interpretar y comprender.

B. Causa 2: Sobrevalorar lo que se cambia por sobre lo que se conserva

Uno de los secretos más importantes de la gestión del cambio es que todo proceso de cambio es un proceso de conservación. Los cambios se dan sobre algo que se conserva. En este sentido, es tan importante tener claro qué es lo que va a cambiar como lo que se va a conservar [6] [7].

Lo que no va a cambiar tiene tres fuentes 1) aquello que es valioso y estratégico para la organización, por lo tanto es necesario proteger y cuidar; 2) aquello que por decisión se desea conservar; y 3) aquello que es imposible de cambiar o que el cambiarlo requiere de una inversión y un esfuerzo mayor al que la organización le es viable asignar.

Identificar lo relevante de conservar y comunicarlo nos permite tranquilizar y diluir las resistencias a las que aluden Cameron y Green. Identificar lo que se va a conservar permite también proteger y cuidar la identidad y las ventajas competitivas de la organización. Más aún, evita invertir recursos en algo que será muy difícil de cambiar.

C. Causa 3: “Culpar” a las resistencias y obstáculos.

La experiencia y los casos nos muestran que muchas resistencias y obstáculos se generan por ignorancia o errores de comunicación y no por dificultades intrínsecas al proceso. Por ejemplo, en muchos procesos de cambio tecnológico las personas suponen que habrá despidos. Sin embargo, aun cuando se descarten los despidos, las resistencias surgen igual.

El foco de la preocupación de los líderes de los proyectos tecnológicos es hacer desaparecer las resistencias, lo cual ha mostrado ser un error. Por un lado las resistencias y obstáculos son constitutivos de un proceso de cambio; de hecho son su consecuencia. Por otro lado, las resistencias son una valiosa fuente de información del proceso.

Cameron y Green muestran el ejemplo de un director de proyectos financieros y sus problemas para instalar una herramienta tecnológica en una empresa con oficinas en varios países. “Hasta entonces las oficinas regionales podían entregar información financiera a su manera. La obligación de utilizar el sistema nuevo les pareció muy intrusiva y de poco valor práctico. Solo vimos y explicamos las ventajas desde un punto de vista centralizado” [1].

Lo que agrega valor es identificar, escuchar y hacerse cargo de las resistencias y obstáculos y usarlas como otro elemento de la gestión. Hiatt identifica explícitamente una gestión de la resistencia y la vincula a la dimensión “deseo” [3].

D. Causa 4: No declarar el Proyecto de Cambio

Otra fuente de alto riesgo de fracaso es la costumbre de declarar el proyecto tecnológico (i.e. “Nuevo sistema de inventario”) pero sin declarar el proyecto de cambio asociado (i.e. “Proceso de cambio e implementación de un nuevo sistema de inventario”). Se ha observado que declarar el proceso de cambio puede incluir al proyecto tecnológico y facilitar un resultado exitoso. No es suficiente incluir la gestión del cambio como una línea en la carta Gantt del proyecto.

La gestión del cambio es un proceso activo y continuo durante todo el proyecto. Esto no implica que se diseña al principio y se pone en ejecución después, sino que opera durante todo el proceso del cambio. Su propósito es establecer una estrategia, generar los contextos, diseñar los planes y acciones, realizar la implementación cuidando los distintos aspectos y dimensiones involucradas en el proceso particular de cambio y, finalmente, dar cierre al proceso.

Todo proceso de cambio debe incluir la observación y el diagnóstico de la cultura organizacional (valores, emociones, costumbres, creencias, habilidades, prácticas e interpretaciones disponibles), los procesos críticos de la organización y la capacidad de cambio de las personas y los equipos. Así se tiene el contexto mínimo que permite generar el diseño.

Luego, gran parte de los cambios pasará por la generación de hábitos por medio de la instalación de prácticas, la movilización de roles y el entrenamiento. En definitiva, gestionar el proceso de cambio tiene que ver con hacer un diseño estratégico, generar un contexto que permita producir los cambios y acompañar el proceso.

E. Causa 5: Falta de compromiso del Liderazgo de la organización

En todo proyecto se requiere del compromiso y apoyo del liderazgo de la organización. Si no existe, la posibilidad de fracaso es alta.

Para ello es necesario que el liderazgo de la organización valore, valide, financie, respalde y construya la identidad del proyecto de cambio tecnológico.

Se buscó desarrollar un modelo de liderazgo y gestión de proyectos que permitiera hacerse cargo de manera integral y holística de estas problemáticas y que, además, facilitara el éxito de los proyectos tecnológicos. A este modelo se le llamó Modelo Integral de Liderazgo y Gestión del Cambio.

III. MODELO INTEGRAL DE LIDERAZGO Y GESTIÓN DEL CAMBIO

El estudio de casos mostró que hay diez dominios centrales y ontológicos de acción para liderar y gestionar proyectos de cambio tecnológico. Se debe actuar orgánicamente en todos ellos de tal forma que operen de manera sintonizada y en coherencia durante todo el proyecto de cambio. Es importante recalcar que no son etapas, sino espacios de observación, percepción, preocupación, diseño y acción.

A. Dominio 1: Liderazgo y Gestión del proyecto de cambio.

El liderazgo del proyecto tiene un rol declarativo, movilizador y acogedor, y por ello la organización debe declararlo. El liderazgo se hace cargo de ir generando las interpretaciones, los contextos y los estados de ánimo que permitan que el proyecto avance de acuerdo a lo deseado. Es el responsable del sentido del proyecto, en el tiempo y para los distintos actores. El liderazgo del proyecto declara el espacio de lo posible y lo no posible.

La forma de organizar el liderazgo depende de cada organización y debe hacerse cargo de su estilo. Es parte del rol de liderazgo ponerle nombre al proyecto, cambiarlo si es necesario y declarar las ideas fuerza.

Es importante que el proyecto tenga 1) un líder o un equipo de líderes con visibilidad; 2) un equipo que lidere y que incluya diversas miradas, que se haga cargo, sea la responsable del proyecto como un todo y de las repercusiones que éste tenga para la organización; y 3) algún tipo de referente externo que no sea parte interesada del proyecto, que permita observarlo desde afuera.

El liderazgo no es una persona sino un espacio de acciones y prácticas que se debe realizar durante todo el proyecto.

Junto con el liderazgo, y al mismo nivel de importancia, está la gestión. Ésta tiene que ver principalmente con la coordinación de acciones, con obtener y aplicar recursos en pos de un resultado. La coordinación es central, es el brazo operativo y ejecutor, en perfecta sintonía con el liderazgo.

La diseño temporal y de recursos del proyecto, la estructura de roles, los procesos de coordinación, las etapas y planes de trabajo, son también tareas propias del liderazgo y la gestión.

La forma que adquiera la gestión del proyecto tiene que ver con el estilo de cada organización. Si la organización no tiene competencias sobresalientes en la gestión de proyectos, debe procurar obtenerlas. Parte de estas competencias es conducir las reuniones de trabajo efectivas [8].

Es central considerar la representación de los distintos actores en el armado de los equipos del proyecto. No se trata sólo de un tema de participación, sino de cómo vincularse y construir relaciones con todos los involucrados. Si no se convoca a las personas relevantes, lo más probable es que ellas dificulten el proyecto, ya sea por molestia, desconocimiento o simple falta de apropiación.

B. Dominio 2: Estrategia y sentido del proceso de cambio.

Este dominio tiene que ver con establecer con claridad la dirección, el sentido y la forma en que se llevará adelante el proceso de cambio.

El sentido cumple el propósito de involucrar y apropiarse a los distintos actores con el proceso, lo que Hiatt denomina “deseo” en el modelo ADKAR [3]. Por ello es importante contar con narrativas y relatos que sean comprensibles y claros, para facilitar la comprensión del proceso e identificar los beneficios que se espera lograr para la organización y las personas. Estas narrativas deben mostrar el valor del proyecto para los distintos actores y generar comprensión y claridad sobre los distintos desafíos y problemas que se están enfrentando y se enfrentarán. Las narrativas deben además regular las expectativas.

El sentido y propósito debe ser comunicado a la organización (nótese que dice comunicado y no informado). Sólo así la organización podrá comenzar a actuar en coherencia.

C. Dominio 3: Cambio y conservación.

Todo proceso de cambio es también un proceso de conservación. Esto implica identificar aquello que se desea o es necesario conservar o bien aquello que no será posible cambiar. Sobre esta base se puede definir lo que sí puede cambiar.

La dinámica de cambio y conservación incluye valores, principios, formas de trabajo, estilo de trabajo, relaciones organizacionales, etc.

Estas declaraciones son importantes para 1) bajar las resistencias, obstáculos, miedos y temores. Por ejemplo, en algunos casos hay que dejar en claro que el nuevo sistema no implicará despidos, o que se realizará un cambio en los procesos sin disminuir la calidad; y 2) para cuidar ciertas

ventajas competitivas. Por ejemplo, dejar muy en claro que se busca cambiar procesos para que se mejore la eficiencia en el uso de los recursos, cuidando de mantener la calidad que le ha dado prestigio a la empresa.

La no declaración de estos espacios a cuidar puede producir muchos efectos no deseados, sólo por un error o ausencia en el espacio declarativo. Los líderes del proyecto y la estrategia comunicacional deben velar porque esto sea conocido y comprendido por la organización.

D. Dominio 4: Organización y Estructura del proyecto de cambio.

Todo proyecto de cambio tecnológico debe definir una organización y una estructura. La organización tiene relación con las personas, partes y entidades que llevarán a cabo el proyecto y la relación que se da entre ellas [9]. La estructura es la declaración de roles y sus autoridades. Definir esto permite identificar responsables y entregar claridad sobre los procesos de coordinación.

La estructura debe ser diseñada en coherencia con la organización y debe permitir que esta opere. Ambas, en su conjunto, deben asegurar el funcionamiento del proyecto y organizarlo temporalmente. Un aspecto relevante que el liderazgo debe hacerse cargo, con la organización y la estructura, es de generar espacios de reflexión que permitan liderar el proyecto y generar aprendizaje para la organización.

Formas usuales de hacer esto es constituir un “*Steering Committee*” o “Coalición Conductora” [10] que lidere el proyecto y fuerzas de tarea encargadas de aspectos específicos.

Una de las preocupaciones a cuidar es que cada actor sepa cuál es su rol, lo que se espera de él, el valor que agrega y la autoridad y poder que tiene en el proyecto.

E. Dominio 5: Gestión Emocional.

La ambición, el temor, el escepticismo, la inseguridad, la desconfianza, el desconcierto, la sensación de fragilidad, la impotencia, son algunas de las reacciones emocionales que surgen durante un proceso de cambio. Las emociones y estados de ánimo generan el espacio de lo que es posible y lo que no es posible para las personas, equipos y organizaciones [11].

Estados de ánimo como la desconfianza, el agobio y la resignación pueden llevar a un proyecto al fracaso, con todos los costos financieros y organizacionales que esto implica [11]. Estados de ánimo favorables a los procesos de cambio son la confianza, la apropiación y el compromiso [11].

El liderazgo es el responsable de influir en ellos y hacerse cargo de las consecuencias. Es necesario escucharlos, identificarlos, comprender sus orígenes, gestionarlos y conducirlos de tal forma que contribuyan al éxito del proyecto.

Una de las claves en esto es establecer diversas instancias que permitan escuchar, identificar e intervenir en los estados de ánimo de la organización.

Cada proyecto particular tiene distintas fases emocionales. Es necesario hacerse cargo de ellas y conducir las. Durante el proceso se requiere, además, ir generando la percepción de avance y de logro. Si un equipo “siente” que el proceso no

avanza, esto en sí puede ser un factor de fracaso. Para ello, entre otras cosas, se debe identificar y comunicar los éxitos de corto plazo, los hitos relevantes e íconos representativos.

F. Dominio 6: Comunicaciones.

Cuidar la comunicación general del proyecto es una preocupación relevante, lo que implica diseñar y establecer instancias y canales de comunicación.

No se debe confundir la comunicación, que es bidireccional, con la información que es unidireccional. Muchas organizaciones sólo informan y esto conduce más que a menudo al fracaso del proyecto [11].

Establecer mecanismos, instancias y formas de comunicación que permitan escuchar recurrentemente a los distintos actores de la organización y del proceso es tan relevante como lo que se informa o comunica.

Usando una analogía con un medio, la comunicación en un proyecto de cambio tiene un propósito y un estilo definido. Por ello puede ser relevante establecer una “estrategia editorial” y un “comité editorial”.

La experiencia muestra que siempre hay comunicación en cualquier proyecto de cambio. Si el liderazgo del proyecto no se hace cargo de la comunicación, la organización lo hará en forma natural y autónoma. Es así como proyectos con deficiencias comunicacionales generan muchas conversaciones informales, “rumores de pasillo” y personajes que actúan como “informantes” a la organización. Todo ello es, por lo general, muy dañino para el proceso.

Una estrategia comunicacional robusta debe incluir el escuchar las resistencias y obstáculos que se van presentando, de tal forma de poder lidiar con ellas.

G. Dominio 7: Desarrollo de las habilidades.

Los proyectos de cambio tecnológico implican un cambio cultural, de estilo, de forma de trabajo o de procesos. Por ello se requiere de contar con habilidades que no se tienen originalmente en las personas y/o en los equipos.

Todo proceso de cambio organizacional es un proceso de aprendizaje organizacional, que puede ser técnico o de conocimientos. En la gran mayoría de los casos estudiados se requiere de aprendizaje de habilidades e incluso de emociones y actitudes.

En este sentido se pueden diferenciar con dos niveles:

Primero están las habilidades que el proceso de cambio busca en sí mismo; por ejemplo, aprender a atender con calidad a los usuarios, poder usar eficientemente un nuevo sistema informático, etc.

En segundo lugar están las habilidades que se requieren para que el proceso de cambio sea exitoso. Por ejemplo, la habilidad para aprender a aprender, identificar y anticipar problemas, pedir ayuda, diseñar soluciones en equipo, manejar conflictos, etc.

Ambos dominios de habilidades requieren ser considerados, para lo cual es necesario:

a) Identificar las habilidades existentes en la organización; b) identificar las habilidades que se debe desarrollar para que el proceso sea posible y exitoso; c) diseñar los distintos mecanismos de entrenamiento y formación de las personas y los equipos para desarrollar esas habilidades; d) realizar y monitorear de buena forma los procesos de formación; y e) evaluar los resultados de los procesos de aprendizaje.

Metodologías usuales para el desarrollo de habilidades para procesos de cambio son los programas de aprendizaje transformacional y los procesos de coaching. Este equipo usa el Modelo Ontológico de Aprendizaje Integral, MOAI [12], que ha sido muy efectivo.

H. Dominio 8: Gestión del Poder.

La evidencia muestra que un factor de éxito o fracaso de un proyecto tiene que ver con la gestión del poder. La interpretación que se ha usado de poder en los proyectos de cambio es “la capacidad diferencial de generar acción efectiva” propuesta por Fernando Flores [13].

Se requiere poder para obtener y movilizar recurso, y para formar equipos, pero pocas veces es visto desde esta mirada.

La gestión del poder en proyectos de cambio tecnológico tiene al menos tres dimensiones principales.

Primero, contar con el poder necesario, o acumularlo, para que el proyecto pueda ocurrir. Muchas buenas ideas y proyectos mueren por no haber logrado aglutinar el poder para hacerlos pasar.

Segundo, analizar los cambios de poder que generará el proceso de cambio al interior de la organización y hacerse cargo de ellos. Los proyectos de cambio tecnológico interfieren en la estructura de poder de la organización; por ejemplo se lo quitan al área de marketing y se lo dan a producción, aumentan el poder del equipo de ventas, etc. Los afectados por estos cambios reaccionaran en consistencia con ello y pueden fortalecer o “atacar” el proyecto.

Tercero, movilizar el poder para que el proyecto de cambio tecnológico vaya avanzando en forma adecuada. Esta dimensión es la que está presente durante todo el proyecto y debe considerar desde pequeñas acciones (como movilizar poder para que los convocados asistan a una reunión), hasta lograr que varias universidades y empresas colaboren e inviertan recursos para construir un dispositivo tecnológico de alta complejidad. Por ejemplo, el “Colisionador de Hadrones”.

En muchas organizaciones esto no se considera como parte del diseño. Peor aún, muchas veces se deja al flujo normal de los acontecimientos. Ambos son errores graves: la gestión del poder es central en el proceso de cambio, y es un proceso continuo a lo largo de todo el proyecto.

Es responsabilidad del líder y de la coalición conductora del proyecto hacerse cargo de construir poder de manera continua para que el proyecto pueda avanzar; en caso de no lograrlo, el proyecto es inviable y sus resultados inciertos.

I. Dominio 9: Monitoreo y evaluación del proceso.

Un proyecto tecnológico debe diseñar las instancias y mecanismos que permitan observar, acompañar, dar

seguimiento, tener conciencia y evaluar el proceso de cambio, así como el camino que se va recorriendo. Esto permite generar las alertas, contribuir al rediseño continuo del proceso e identificar los hitos y éxitos de corto plazo a comunicar.

Para que esto sea posible, el liderazgo y la coalición conductora deben tener la capacidad de abstraerse del proceso, tener distinciones para mirarlo y poder observarlo desde afuera. Algunos autores llaman a esto “ser observadores del observador” [9], o mirar desde el balcón [14].

Muchas veces, para aumentar la capacidad de observación, es necesario contratar especialistas en procesos de cambio, o se invita a profesionales externos a mirar el proceso para aumentar el abanico de miradas posibles.

El espíritu de la evaluación en un proceso de cambio no es la búsqueda de errores o culpables. Es evaluar para gestionar el proyecto, lo que incluye producir las mejoras necesarias para hacer que proyecto tenga mayores probabilidades de éxito. En este sentido los equipos no deben tenerle “miedo” a las evaluaciones sino verlas como parte esencial del proceso.

El liderazgo es el llamado a mirar el proceso, declarar las alertas y avanzar en rediseños del proceso cuando sea necesario. También debe identificar los avances, logros e íconos que permitan mostrar y ejemplificar el cambio.

Es necesario aclarar no son suficientes los tableros de control, que pueden ser útiles en ciertos casos. Los cambios siempre tienen repercusiones no esperadas y de ahí la necesidad de observar el proceso como un todo.

J. Dominio 10: Inicio, hitos, ritos y cierre.

El estudio de casos ha mostrado que este es un tema al que se le da poca importancia.

La responsabilidad de este dominio está en el liderazgo del proyecto y considera tres espacios principales:

- 1) Declarar el inicio, etapas y término del proceso y proyectos de cambio tecnológico.
- 2) Observar la evolución del proyecto y generación de los hitos y ritos relevantes.
- 3) Diseñar y realizar el proceso de cierre y evaluación final del proyecto.

Todo proyecto de cambio requiere de una declaración de inicio y una declaración de término.

La declaración de inicio permite iniciar las acciones y genera el contexto para avanzar. La declaración de cierre permite dar por cerrado el proyecto y que la organización pueda “descansar” del proyecto. El definir fases permite adecuar las cargas de trabajo, poner énfasis y generar la sensación de avance.

Se ha observado que muchos proyectos de cambio tecnológico se inician, pero rara vez culminan formalmente. Terminan por decaimiento o dilución. Esto produce pérdida de confianza en las organizaciones y no se genera sensación de logro en los equipos a pesar de haber tenido éxito. Es más, no cerrar los procesos, no permite tener la libertad y confianza para iniciar nuevos procesos de cambio. Cada proceso de

cierre es particular a cada estilo organizacional y a cada proceso de cambio, pero hay ciertos aspectos que es necesario considerar: primero, reconocer a las personas y sus aportes. Segundo, generar una narrativa con los beneficios, logros y valor agregado del proceso de cambio. Y, tercero, generar una narrativa del proceso de aprendizaje de la organización y las personas. Todo esto con el fin de fundar y hacer visible la sensación de logro y generar un espacio emocional para enfrentar un nuevo proyecto.

Durante los proyectos de cambio tecnológico es necesario realizar diversos tipos de ritos. Tradicionalmente esto se reduce a mostrar los "éxitos de corto plazo" [10]. Es necesario realizar ritos que muestren logros, visibilicen el cambio de etapa, den inicio a nuevos procesos, celebren realización de actividades, produzcan camaradería en el equipo y, aspecto no menor, que den por superados conflictos normales en un proceso de cambio.

IV. EXPERIENCIA PRÁCTICA

Esta metodología ha sido usada en al menos cincuenta proyectos, ya sea por el equipo que la creó como por estudiantes de posgrado que han debido usarla en su formación.

Estos proyectos son significativos porque en cada uno de ellos hay aspectos particulares de gestión de cambio en proyectos tecnológicos que se debieron priorizar.

Por ejemplo, en una compañía minera que debía mejorar sus servicios de mantenimiento, el liderazgo se radicó en el equipo de control de gestión, el que logró identificar correctamente las habilidades de los demás equipos (soporte, monitoreo, informática), asignando las tareas en base a ellas y coordinándolas con éxito.

En otro proyecto realizado en el programa Master in Business Engineering (MBE) de la Universidad de Chile, una institución pública chilena diseñó y aplicó exitosamente una herramienta tecnológica destinada a racionalizar y descongestionar los sistemas de atención al público en todo el país. En este proyecto la clave fue definir a los actores, escucharlos, anticipar resistencias y estados de ánimo y generar narrativas y ofertas seductoras para involucrarlos en el proceso de cambio.

Uno de los más complejos fue la fusión de las dos grandes unidades del grupo chileno de telecomunicaciones Entel, las cuales operaban de forma totalmente separada. La incertidumbre inherente a un proceso así fue enfrentada asignando responsabilidad y poder a la gerencia general de la división de telefonía celular para personas. La coalición conductora fue amplia e involucró a altos ejecutivos, a la gerencia media y a los jefes de equipos, además una mirada externa. Se consensuó y declaró lo que se iba a conservar y lo que no. La comunicación de los avances fue constante y logró disminuir la ansiedad y concretar las acciones necesarias. Fue un proceso de cambio con un comienzo y un final declarados, que mantuvo e incluso potenció la sólida posición de mercado con que contaba Entel.

V. CONCLUSIONES

Nuestras organizaciones viven día a día procesos de cambio. Que sean beneficiosos y generen los resultados esperados, depende de nuestra seriedad y conocimientos para enfrentarlos, además del uso que hagamos de las metodologías disponibles. Se concluye en:

1) Considerar la gestión del cambio en los proyectos tecnológicos aumenta la probabilidad de éxito de estos. Disminuyendo los fracasos y costos asociados.

2) La imperiosa necesidad de que los gestores y profesionales del mundo de la tecnología comprendan el fenómeno organizacional y humano asociado a sus proyectos y que desarrollen sus habilidades de gestión del cambio.

3) La mirada ontológica de la gestión del cambio, los diez dominios enunciados, permite aplicarla de forma específica para cada caso en particular.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los múltiples clientes corporativos y a los estudiantes de postgrado que han aportado con decenas de casos para evaluar el impacto y mejorar el modelo. A los integrantes del equipo de trabajo por su lealtad, dedicación y compromiso con la calidad y la excelencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] E. Cameron, M. Green, "Making Sense of Change Management", Kogan Page, 2011, p. 281.
- [2] D. Anderson, L. Ackerman, "Beyond Change Management", Pfeiffer, 2010, p. 19.
- [3] J. Hiatt, "ADKAR, How to Implement Successful Change", Prosci Learning Center Publications, 2010, pp. 5-37.
- [4] C. Argyris, "Single-loop and double-loop models in research on decision making", *Administrative science quarterly*, pp. 363-375, 1976.
- [5] C. Argyris, "Double Loop Learning", *Wiley Encyclopedia of Management*, 2000.
- [6] H. Maturana, "Transformación en la convivencia", JC Sáez Editor, 2007.
- [7] P. Senge, A. Kleiner, C. Roberts, R. Ross, G. Roth, B. Smith, "The dance of change: The challenges to sustaining momentum in learning organizations", 1999.
- [8] E. Olguin, B. Crawford, R. Soto, "Effective meetings: With a focus on the emotions and the conversations to improve the capital in the organizations," *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2015 10th Iberian Conference, vol., no., pp.1-4, 17-20, June 2015
- [9] H. Maturana, "Biology of Language: The Epistemology of Reality", E. H. Lenneberg, E. Lenneberg, 1975.
- [10] J. Kotter, "Leading change: Why transformation efforts fail", *Harvard Business Review*, 73(2), 59-67, 1995.
- [11] F. Flores, "Conversations For Action and Collected Essays: Instilling a Culture of Commitment in Working Relationships," 2012.
- [12] E. Olguin, F. Caro, "Training for holistic engineers: comprehensive ontological learning model," *ICER2015 Proceedings*, pp. 4228-4238, 2015.
- [13] R. Echeverría, "Ontología del Lenguaje", JC Sáez Editor, 2002, p. 46.
- [14] R. Heifetz, M. Linsky, "A survival guide for leaders," *Harvard Business Review*, 80(6), pp. 65-74, 2002.

Autonomous Driving Simulator for Educational Purposes

Valter Costa

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores (DEEC)
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465 Porto, Portugal
ee09115@fe.up.pt

Rosaldo J.F. Rossetti

Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de
Computadores (LIACC), Porto, Portugal
Departamento de Engenharia Informática (DEI)
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP)
Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465 Porto, Portugal
rossetti@fe.up.pt

Armando Sousa

INESC TEC - INESC Technology and Science (formerly
INESC Porto) and
FEUP - Faculty of Engineering, University of Porto
Rua Dr. Roberto Frias s/n, 4200-465 Porto, Portugal
asousa@fe.up.pt

Abstract — Interest in robotics field as a teaching tool to promote the STEM areas – Science, Technology, Engineering and Mathematics has grown in the past years. The search for costless solutions to promote robotics is a major challenge and the use of real robots always increases associated costs. An alternative to this is the use of a simulator. The construction of a simulator related with the Portuguese Autonomous Driving Competition using Gazebo as 3D simulator and Robotics Operating System (ROS) as a middleware connection to promote, attract, and enthusiasm university students to the mobile robotics challenges is presented. The proposed simulator focus on the autonomous driving competition task, such as semaphore recognition, localization, and motion control. An evaluation of the simulator is also performed, leading to an absolute error of 5.11% and a relative error of 2.76% on best case scenarios relating to the odometry tests and an accuracy of 99.37% regarding to the semaphore recognition tests performed.

Keywords – *Hardware in-the-loop Simulation; Autonomous Driving Competition; Educational Robotics; Robotics Operating System - ROS^a; Gazebo^b; Educational Robotics.*

I. INTRODUCTION

Autonomous vehicles (AVs) represent a major innovation for the automotive industry; self-driving cars pave the way for myriad relevant applications across multiple fields. In such a dynamic context, work and research in this area has grown greatly over the last years [1]. This topic has even raised interest within the robotics community and was the target focus of many robotic competitions around the world. An autonomous intelligent vehicle has to perform a number of tasks, sometimes in a limited amount of time. The most critical task is the perception and mapping of the surrounding environment. This involves being capable of identifying and tracking road lanes, being able to process traffic lights and road

signs, and being consistent at identifying and avoiding obstacles [2].

The interest in robotics field as a teaching tool to promote the STEM areas - Science, Technology, Engineering and Mathematics has grown in the past years. Some initiatives like RoboCup Junior contest [3], RoboParty [4], CEABOT [5], RobotChallenge [6], IstRobot [7], “Micro-Rato” [8], “Micro-Mouse” [9] focus on promote robotics. The autonomous driving paradigm is well-suited to incentive robotics students in those competitions, such as the Portuguese “Festival Nacional de Robótica”. In order to properly prepare the contestants for a successful participation, some authors have presented strategies to teach and enthusiasm students into the robotics area using hardware based platforms [10][11]. Usage of this manner of platform as a learning tool can prove to be costly and potentially difficult to distribute between potential students [12]. Another disadvantage of using real platforms is the associated monetary cost, being sometimes inaccessible to fund. A solution to this problem is the creation of almost inexpensive platforms by using 3D printed models [13][14] to introduce the same robotic tasks, but it always involves some costs. A workaround is the use of a simulator or a hybrid solution – simulator and a real platform – thus minimizing aforementioned costs.

In robotics, a simulator plays a very important role, aiding the development of prototypes. By emulating reality within a certain degree of rigor, it allows inexpensive and less consuming tests to developed architectures. Using this strategy, countless number of tests in various well-defined environments can be done with no fear of causing real damage to the system under tests [15][16]. Simulation results can be improved by adding a mathematical representation of all related dynamic systems or by using samples or datasets from components at runtime. This approach is normally called “hardware-in-the-loop” simulation [17][18][19], and is normally employed to develop complex embedded systems, greatly shortening the research and development process of control systems. It should

^a Available at: <http://www.ros.org/>

^b Available at: <http://gazebo.sim.org/>

be noted that this solution, when compared to hardware based ones, brings up disadvantages, such as the insertion of errors which are hard to estimate or the high amount of necessary computational resources to simulate complex systems. All these can be avoided by choosing a good compromise between the complexity of the model and the accuracy of the physics associated with the real process.

The work presented focus on the construction of an autonomous driving simulator, using the Portuguese autonomous driving competition [20] as the simulator's world model. The simulator development includes the design of a track, Fig. 1, the competition semaphores, Fig. 2, and robot model, Fig. 3b. An evaluation of the simulator performance is also described.

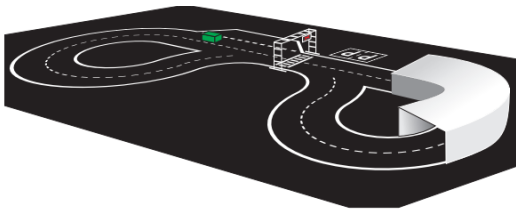


Figure 1. Track used in the 2015 Portuguese autonomous driving competition.

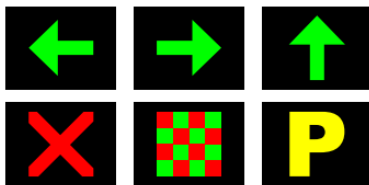


Figure 2. Semaphores used on the 2015 Portuguese autonomous driving competition.

The remainder of this paper is organized as follows: in Section II all the steps and methods followed in the designing of simulator are laid out; Section III displays the results of the evaluation made to the simulator; Section IV draws conclusions from the obtained data; finally, Section V presents proposals to improve it in future work.

II. METHODOLOGIES

All the tasks ranging from the development of the robot model till the construction of the simulation world representing the autonomous driving competition are presented in this section. The simulation was based on a 3D model representing a real robot, Fig. 3a and Fig. 3b, and the world where the robot will move on.

A. Designing the Robot Model

The robot model was built in Gazebo using .sdf files. SDF is a XML format that describes objects and environments for robot simulators, visualization, and control. This type of file is particular to Gazebo and cannot be used in other simulator. Note that the model could be built by using CAD software (Computer-Aided Design), and exporting it to an .urdf file, making it easier to use in other software. This robot uses a

differential steering locomotion system, in which its movement changes by varying the relative rate of rotation of its wheels. A castor wheel placed at the end of the robot is needed in order to balance the structure. On the robot model, this wheel was modulated by a simple sphere included at the end of the modulated chassis. This is a valid simplification for the purpose of this work, but one must take in account that it doesn't represent some of the traits present in a real caster wheel, such as errors derived from abrupt direction changes from the movement of the robot.

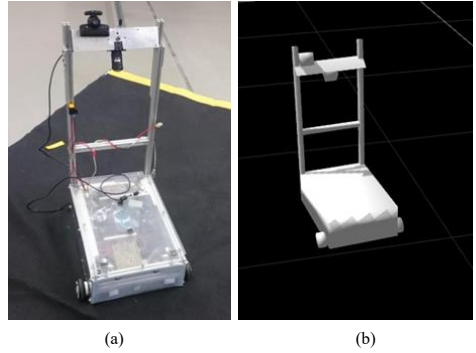


Figure 3. Autonomous Driving Robot – Conde (a) and his simulated model (b)

The first step to model the robot was defining the chassis. This task was made by measuring the real dimensions of Conde and applying them into the boxes created in the .sdf file. The second step was to build the wheels and motors and link them into the chassis, in which a plugin called *libgazebo_ros_diff_drive* was used and the connection to ROS was made using a library called *libgazebo_ros_diff_drive.so*. This linkage is very important, allowing the control of the motion of the robot by using a standard message type named *geometry_msgs/Twist* from ROS, publishing into the velocity topic given from Gazebo. The next step was the integration of the cameras. As referred before, the robot runs on a track with lanes (that require to be tracked) and needs to identify semaphores. In order to complete both, two cameras are installed on the robot. The first is pointed to the ground to detect the track and the second pointed up to detect the semaphores. These cameras are added to the robot model by using *sensor tag* of type *camera*. Once again, to connect the camera to ROS a plugin is needed. The plugin used was *libgazebo_ros_camera*. Using this plugin it is possible to define camera frame rate, resolution, intrinsic camera parameters, and the topic which the camera will publish the captured image.

B. Designing the Robot World

After designing the robot model, the next stage is building the world where the robot is going to move. The world created is a representation of the 2015 Portuguese Autonomous Driving Competition track held in Vila Real. The track was made by importing a .png image, also adding two monitors to display the semaphores. These semaphores use another plugin from ROS called *libgazebo_ros_video* and an additional node

was made to control the displays on the simulator. The competition world built is presented in Fig. 4.

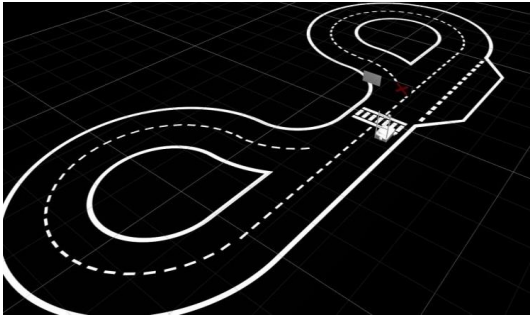


Figure 4. Representation of the autonomous driving competition track with semaphore panels.

This track was built in flat ground and well defined light conditions. However, with the Gazebo simulator, it is possible to define various scenarios, with different light conditions (e.g: by adding spotlights, or changing lighting parameters) or even model with uneven ground. The node responsible for the control of the semaphores displayed on the simulation uses a menu, as seen on Fig. 5, on which the user defines the semaphore to exhibit by inputting the correspondent number.

```

Choose the semaphore:
[0] - left
[1] - right
[2] - up
[3] - stop
[4] - park
    
```

Figure 5. Application menu for the control of semaphores in the simulator.

C. System Architecture

As mentioned before, all applications were built using ROS. The use of this middleware allows a simple swap of connection between the simulator and the real robot. Each ROS-Node created corresponds to an application, and the communication between nodes is made through topics using the publisher-subscriber topology. The connections between nodes using ROS for real the robot is presented on Fig. 6, and on Fig. 7 is showed on the simulator architecture. The first noticeable difference is the node that controls the semaphores on the simulator called *semaphore_controller*. This node is only needed on the simulator. The common elements are the *conde_tracking_node* on which runs the application vision for the track detection, and the *conde_semaphore_node* responsible for the semaphore recognition algorithm. These nodes can subscribe to real USB cameras, *conde_tracking* and *conde_semaphore* or the simulated ones, from the *gazebo* node. The communication with the *conde_control_node* is made by sending the measured distance and angle, and the semaphore information. Taking this data, the *conde_control_node* does some computation and makes a decision. This call is made by publishing the velocity, on each wheel of the robot through the topic */diffdrive/cmd_vel*. In the case of the real robot this information goes the real drives, otherwise goes to the simulated robot *gazebo*.

Using these packages, the students can program and test their own applications without worrying about the system's communication and its related configuration or what kind of information is needed to transmit between applications. The nodes that can be edited by university students in order to program their own applications are *conde_tracking_node*, *conde_semaphore_node*, and *conde_control*. The coding of these tasks introduce some important areas like motion control and image processing.

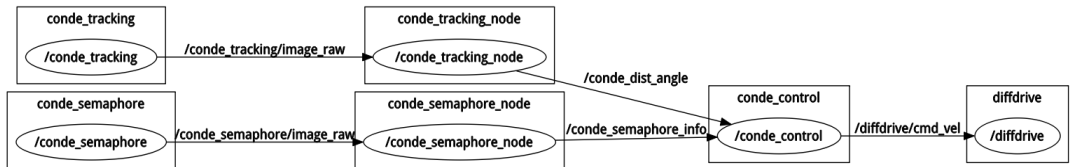


Figure 6. ROS architecture for the real robot.

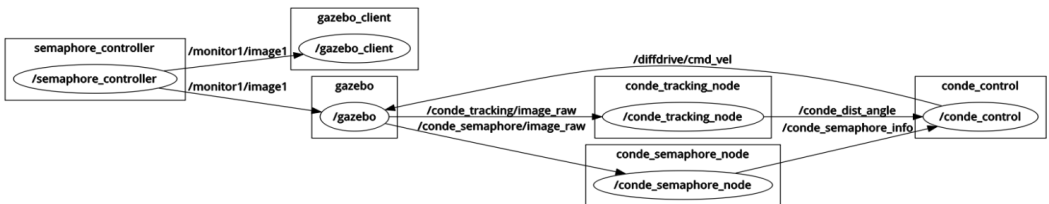


Figure 7. ROS architecture for the simulator

D. System Requirements

To run the simulator on the student's computer there are some requirements to have into account:

1. Operating system – Ubuntu 14.04.02;
2. ROS:
 - a. ROS distro: indigo
 - b. ROS version: 1.11.16
3. Gazebo version: 2.2.3

These are the minimal requirements to run the simulator. All the platforms used are free and open source.

III. RESULTS

This section presents the results obtained from the evaluation of the simulator. It was performed two tests: the first one is related to locomotion system, while the second test was performed by testing the image recognition program with real semaphore dataset. The locomotion test was performed by taking the real robot and a test code that puts the robot moving straight forward given a distance reference and by measuring what was the real travelled distance made by the robot. This test was made on the real robot and the simulator using the same test code. The results are showed in Table 1.

Table 1. Odometry results for the real robot and the simulated robot.

	Odometry Results				
	Real Robot Measures (m)	Simulated Robot Measures (m)	Real Robot Average Absolute Error (%)	Simulated Robot Average Absolute Error (%)	Average Relative Error Simulator vs Reality (%)
1 meter tests	1.097	1.150	10.14	15.26	4.65
	1.103	1.153			
	1.107	1.153			
	1.102	1.154			
	1.098	1.153			
2 meter tests	2.085	2.153	4.44	7.68	3.10
	2.095	2.154			
	2.085	2.154			
	2.084	2.154			
	2.095	2.153			
3 meter tests	3.060	3.152	2.28	5.11	2.76
	3.055	3.155			
	3.063	3.153			
	3.080	3.154			
	3.085	3.152			

In Fig. 8 it is presented a chart of the obtained odometry results. Observing this chart makes clear that the precision of the obtained results are close to the real ones, with the maximum relative error value in the simulation of 15.26%.

Odometry Results

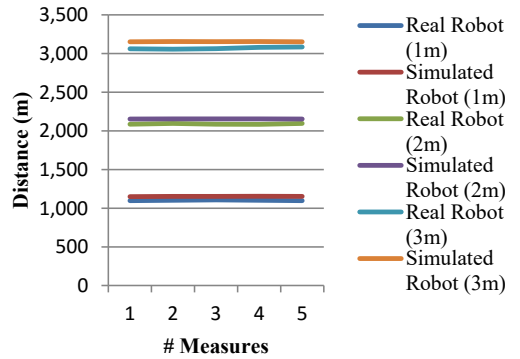


Figure 8. Chart of odometry results.

The second test was performed by running the developed algorithm with a real semaphore dataset, analyzing the percentage of correctly classified semaphores, as shown in Fig. 9. The dataset used is constituted by 186 semaphore park images, 111 for the stop semaphore, 141 go forward semaphore, 104 for the left semaphore, and 158 for the right semaphore, adding all to the total of 700 test images.

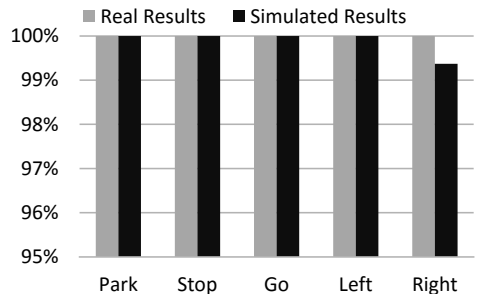


Figure 9. Semaphore detection results for the real and simulated robot.

The results showed a good performance using the developed algorithm to recognize the semaphores, with an accuracy of 99.37%.

IV. CONCLUSIONS

In this paper it was presented a simulator that replicates the Portuguese autonomous driving competition as a tool to introduce, promote, enthusiasm and teach university students various relevant themes in the robotics field. The simulator was made using Gazebo as a 3D simulator and was tested by modeling a real robot, called “Conde”, that uses a differential steering locomotion, but many others can be implemented using the same simulation world, making the proposed simulator modular. The different simulator's components communicate using the ROS framework through the available

gazebo_ros_pkg, making the building of a simple architecture possible, which facilitate the users' coding task.

An evaluation of the simulator was performed, regarding the odometry of the modulated robot and the cameras used. The odometry results has shown an error always above than the reference or the real robot odometry. By carefully inspecting the achieved results, we can see that the discrepancy between the reality and the simulation rounds the 0.15 meters. A possible improvement to reduce this error would be a simple calibration on the robot model. This discrepancy would also decrease with a correct calibration of the modulated robot in parameters like the inertia moment. In the chosen robot model, the default values from Gazebo were used. Regarding the test of the cameras used in the robot model, it was performed by running a semaphore recognition algorithm with a real semaphore dataset and analyzing the percentage of correctly classified semaphores. The results achieved have shown that the implemented algorithm are precise, with an accuracy of 99.37%.

V. FUTURE WORK

The proposed objective of this paper was successfully achieved and a simulator regarding to the Portuguese Autonomous Driving Competition was created. Being a work in progress, there are some improvements that can be implemented. These include:

1. Development of the robot model using a CAD software. This 3D model would allow a more precise calculation for some hardware parameters, such as inertial moment. It also would allow the use of the robot model in other simulators;
2. Add more features to the simulator, like the motion control with a joystick and/or keypad, obstacles to detect and avoid, objects such as traffic signs and the tunnel;
3. Add a node to evaluate the response of the robots for a given challenge. By having this application it would be possible to score and award the robots performance.
4. Add hardware-in-the-loop simulation in the current build for more realistic results.

ACKNOWLEDGMENT

Projeto integrado TEC4Growth (inclui RL1 SMILES, RL2 FourEyes e RL3 iMAN) "Project "NORTE-01-0145-FEDER-000020" is financed by the North Portugal Regional Operational Programme (NORTE 2020), under the PORTUGAL 2020 Partnership Agreement, and through the European Regional Development Fund (ERDF)."

REFERENCES

- [1] A. Carvalho and F. Borrelli, "A Learning-Based Framework for Velocity Control in Autonomous Driving," *IEEE Trans. Autom. Sci. Eng.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–11, 2015.
- [2] C. Häne, T. Sattler, and M. Pollefeys, "Obstacle Detection for Self-Driving Cars Using Only Monocular Cameras and Wheel Odometry," *IEEE Int. Conf. Intell. Robot. Syst.*, pp. 5101–5108, 2015.
- [3] "RoboCupJunior." [Online]. Available: http://www.robotcup2014.org/?page_id=60. [Accessed: 26-Feb-2015].
- [4] "RoboParty." [Online]. Available: <http://www.roboparty.org/>. [Accessed: 26-Feb-2015].
- [5] "CEABOT." [Online]. Available: <http://www.ceautomatica.es/sites/default/files/upload/10/CEABOT/index.htm>. [Accessed: 26-Feb-2015].
- [6] "RobotChallenge: Robotchallenge." [Online]. Available: <http://www.robotchallenge.org/>. [Accessed: 26-Feb-2015].
- [7] "Istrobot 2015." [Online]. Available: <http://www.robotika.sk/contest/2015/index.php>. [Accessed: 26-Feb-2015].
- [8] "Micro-Rato." [Online]. Available: <http://microrato.ua.pt/>.
- [9] "Micromouse Portuguese Contest." [Online]. Available: <http://www.micromouse.utad.pt/>. [Accessed: 05-Mar-2015].
- [10] C. Cardeira and J. S. da Costa, "A low cost mobile robot for engineering education," *31st Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc. 2005. IECON 2005.*, p. 6 pp., 2005.
- [11] A. Lenskiy, H. Junho, K. Dongyun, and P. Junsu, "Educational platform for learning programming via controlling mobile robots," *Data Softw. Eng. (ICODSE), 2014 Int. Conf.*, pp. 1–4, 2014.
- [12] Y. Yusof and M. Hassan, "Development of an Educational Virtual Mobile Robot Simulation," *Proc. World Congr. Eng. 2012 - WCE 2012*, vol. II, 2012.
- [13] J. Gonçalves, M. Silva, P. Costa, and A. Sousa, "Proposal of a low cost educational mobile robotics experiment : an approach based on hardware and simulation," *6th Int. Conf. Robot. Educ.*, 2015.
- [14] A. Valente, P. Salgado, and J. Boaventura-Cunha, "Grigora S: A low-cost, high performance micromouse kit," in *CONTROLO'2014 - Proceedings of the 11th Portuguese Conference on Automatic Control*, 2014, pp. 535–544.
- [15] R. Kuc, E. W. Jackson, and A. Kuc, "Teaching introductory autonomous robotics with JavaScript simulations and actual robots," *IEEE Trans. Educ.*, vol. 47, no. 1, pp. 74–82, 2004.
- [16] R. Abiyev, D. Ibrahim, and B. Erin, "EDURobot: An educational computer simulation program for navigation of mobile robots in the presence of obstacles," *Int. J. Eng. Educ.*, vol. 26, no. 1, pp. 18–29, 2010.
- [17] Y. H. Lee, "Hardware-in-the-loop simulation for autonomous driving," *2008 34th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron.*, pp. 1742–1747, 2008.
- [18] H. Temeltas, M. Gokasan, S. Bogosyan, and A. Kilic, "Hardware in the loop simulation of robot manipulators through Internet in mechatronics education," *IEEE Ind. Electron. Soc.*, pp. 2617–2622, 2002.
- [19] J. J. Jong, H. Park, and C. Kim, "Development of a Vehicle Simulator Based on a Real Car for Research and Education Purposes," in *Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress*, vol. 196.
- [20] "Condução Autónoma | Robótica 2015." [Online]. Available: <http://robotica2015.utad.pt/pt-pt/FNRadriving>.

Metamodelagem Aplicada a um Sistema de Medições

Metamodeling Applied to a Measurement System

Karine Santos Valença, Ricardo Ajax Dias Kosloshi and Edna Dias Canedo

Software Engineering Course – Faculdade Unb Gama, University of Brasília – Unb – Caixa Postal 8114 – CEP:
72.405-610 – Gama – DF – Brazil

valenca.karine@gmail.com, rikosdf@gmail.com, ednacanedo@unb.br

Resumo — Os processos de medição, especificamente na engenharia de *software*, são de grande importância para o sucesso das organizações. Dados importantes para estimativas de custo e prazo só podem ser obtidos por meio de medições sistemáticas. Porém, para que as medições obtenham bons resultados, é importante recolher dados da própria organização. Esses dados coletados podem ficar registrados em um banco de dados. Nesse sentido, esse artigo irá apresentar uma proposta de meta modelagem que permita ao usuário definir suas próprias métricas de medição sem a necessidade de alterar o código fonte da aplicação.

Palavras Chave -medição; metamodelagem; banco de dados.

Abstract — Measurement processes, specifically in software engineering, are of great importance to organizations' success. Important data for cost and time estimates only can be obtained by systematic measurement. However, to measurements get good results, it is important collect data from the organization itself. These data should be recorded in a database. In this sense, this paper will present a proposal for metamodeling that allows the user define their owns measurement metrics without changing the application source code.

Keywords-component; measurement; metamodeling; database.

I. INTRODUÇÃO

A medição é um processo que visa atribuir valores para eventos e objetos do mundo real, visando descrevê-los [1]. Na engenharia de *software*, a medição tem um papel de suma importância para que as organizações obtenham sucesso, visto que os processos de medição permitem às equipes de *software* entenderem a capacidade de equipe, e assim é possível realizar planos de projeto sólidos, que não violarão os custos, riscos e tempo do projeto [2]. Diante de sua importância, o uso de uma metamodelagem aplicada a um sistema de medições pode auxiliar à melhorar essa área tão importante da engenharia de *software*, visto que é esperado que com o uso da metamodelagem ocorra um aumento na produtividade [3].

O uso de ferramentas automáticas para medição permite um aumento na eficiência e na efetividade do processo de medição, além de aumentar a quantidade de métricas aceitas [4]. Porém, García, Serrano, Cruz-Lemus, Ruiz e Piattini dizem que “many of these tools are restricted to specific

domains, measurement standards or evaluation and process quality models, which may reduce their generality and scope” [5]. Uma solução para esse problema, estaria em permitir que o usuário pudesse definir suas próprias métricas e modelos de medição. Nesse sentido, o uso da metamodelagem pode ajudar.

A importância dos modelos na engenharia de *software* sempre foi notável, na área de medição os modelos são igualmente importantes, como Fenton menciona “The need for good models is particularly relevant in software engineering measurement” [6]. Novamente, fica claro que o uso da metamodelagem tem grande valor para a área de medição de *software*.

Existem algumas propostas de metamodelagem para sistemas de medição, como apresentado em [5] e [7]. Essas propostas visam permitir maior flexibilidade às equipes de *software* pois não se limitam à nenhum escopo. Porém a proposta em [5], mesmo sendo bastante flexível, não permite que alguns elementos importantes do método GQM (Goal Question Metric) sejam utilizados para a realização das medições, como, por exemplo, a definição do objetivo da medição. Em [7], por outro lado, a metamodelagem é voltada para o método GQM, porém considera-se que essa proposta pode ser melhorada em vários aspectos.

Diante disso, será proposto um estudo sobre quais recursos da metamodelagem poderão ser utilizados para permitir ao usuário final de uma aplicação definir suas próprias métricas sem a necessidade de realizar manutenção no código fonte.

Este artigo será organizado da seguinte maneira. A Seção II apresenta o método de pesquisa utilizado para o desenvolvimento deste trabalho, bem como as questões de pesquisa definidas. A Seção III apresenta os resultados encontrados e a Seção IV apresenta a conclusão e as expectativas para os trabalhos futuros.

II. MÉTODO DE PESQUISA

Para atingir o objetivo do estudo, que visa a construção de uma ferramenta flexível para registros de medições em uma base histórica, foi realizado um mapeamento sistemático. O mapeamento sistemático é realizado por meio da definição de

questões de pesquisa, realização de pesquisas para encontrar publicações relevantes, a seleção das publicações e a extração dos dados [15].

Então, foram levantadas questões relacionadas ao tema, metamodelagem aplicada a um sistema de medições, e foi elaborada uma estratégia de busca para responder à essas questões. A estratégia de busca foi a definida pela Engenharia de Software experimental, que visa construir uma base de conhecimento confiável, diminuindo as dúvidas sobre quais ferramentas, teorias e metodologias são ideais para se utilizar [16].

A Engenharia de Software Experimental consiste de um método experimental que sugere o modelo, desenvolve o método, aplica um experimento, realiza medições e repete o processo, assim, seus métodos permitem a caracterização, avaliação, controle e melhoria nos produtos, processos e modelos [16].

De acordo com o determinado pela Engenharia de Software Experimental realizou-se as buscas e vários artigos foram encontrados. Os artigos que estavam de acordo com o cenário esperado foram avaliados e selecionados. Os itens a seguir descrevem como foi realizada cada etapa deste mapeamento sistemático.

A. Questões de Pesquisa

Foram levantadas questões que estavam de acordo com o objetivo do estudo, visando construir uma base sólida de conhecimento para chegar a uma proposta de metamodelagem para um sistema de medições. As questões elaboradas foram:

(QP1) O que a literatura caracteriza por metamodelagem?

(QP2) O que é medição e qual sua importância na Engenharia de Software?

(QP3) Quais recursos da metamodelagem podem ser usados para construir uma base histórica de medições flexíveis?

B. Estratégia de Busca

Foi realizada uma busca manual de artigos e livros disponíveis nas áreas de Sistemas e Engenharia de Software. A busca foi organizada de acordo com as questões levantadas. Para cada questão, utilizando palavras-chave relacionadas, foram realizadas buscas na IEEE Xplore, Google Scholar e no Science Direct.

As palavras-chave foram escolhidas de acordo as questões de pesquisa. Inicialmente, foram definidas palavras-chave mais abrangentes visando conseguir a maior quantidade possível de publicações relacionadas. Durante o desenvolvimento da pesquisa, foram definidas palavras-chave mais precisas com o intuito de responder à questões específicas.

A Tabela 1 apresenta as palavras-chave utilizadas na pesquisa e a quantidade de artigos encontrados em cada base.

TABLE I. QUANTIDADE DE ARTIGOS ENCONTRADOS PARA CADA PALAVRA-CHAVE

Palavra Chave	IEEE Xplore	Science Direct
Metamodeling	539	1189
Metamodeling software	275	802
Software measurement	37003	847980
GQM method	41	519
Measurement metamodel	63	1676
Software metrics	8192	94248
Goal Question Metric metamodel	1	557

Com os artigos encontrados, foi possível, também, encontrar novas fontes de pesquisa utilizando a técnica metodológica *snowball*, que é uma técnica para encontrar objetos de pesquisa, que funciona como uma cadeia, onde uma objeto de pesquisa fornece outra fontes de pesquisa, e essa nova fonte de pesquisa fornece mais fontes, e assim sucessivamente [17]. Por exemplo no artigo [4] há uma definição simplista sobre o o que é o método GQM e por que utilizá-lo. A referência desse trecho leva à publicação [12], um artigo com mais de 400 citações, de acordo com o Google Scholar.

C. Critérios de Inclusão e Exclusão

Após feita a estratégia de busca, foram incluídas as publicações que possuíam título ou abstract que se referem ao tema dessa pesquisa e que a data de publicação estivesse entre 1989 e 2016. Foi definido 1989 pois a informação mais antiga relevante para o tema, foi dessa data.

Para o critério de exclusão, artigos que possuem menos de 10 citações de acordo com o Google Scholar, visto que é esperado que artigos que não foram amplamente citados não tenham a qualidade desejada, e artigos que apresentam estudo superficial sobre o tema.

D. Seleção das publicações

Com o intuito de selecionar as publicações, foi feita a leitura das publicações incluídas e observou-se se elas respondiam à alguma das questões levantadas anteriormente. A partir disso, foram obtidas 17 publicações e com uma análise mais profunda, a lista foi reduzida para 14 publicações. A Tabela 2 apresenta a lista de publicações selecionadas.

TABLE II. LISTA DE PUBLICAÇÕES SELECIONADAS

Ano	Autor	Título
1989	J. Rothenberg	The nature of Modeling
1992	V. R. Basili	Software Modeling and Measurement: The Goal Question Metric Paradigm
1994	N. Fenton	Software measurement: a necessary scientific basis
1997	W. A. Florac, R. E. Park and A. D. Carleton	Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement

Ano	Autor	Título
1997	N. Fenton and S. Pfleeger	<i>Software Metrics: A rigorous & Practical Approach</i>
1999	R. Solingen and E. Berghout	<i>The goal/question/metric method.</i>
2000	L. Lavazza	Providing automated support for the GQM measurement process
2003	S. Mellor, A. Clark and T. Futagami	Model-driven development - Guest editor's introduction
2004	D. Harel and B. Rumpe	Meaningful modeling: what's the semantics of "semantics"?
2004	S. Mellor	<i>MDA distilled</i>
2007	E. Damiani, A. Colombo, F. Frati and C. Bellettini	A Metamodel for Modeling and Measuring Scrum Development Process
2007	F. García, M. Serrano, J. Cruz-Lemus, F. Ruiz and M. Piattini	Managing software process measurement: A metamodel-based approach
2008	T. Clark, P. Sammut and J. Willans	<i>Applied metamodeling: A foundation for language driven development</i>
2010	El-Haik and A. Shaout	<i>Software design for six sigma</i>

Dos artigos selecionados, como ilustrado na Figura 1, 25% foram publicados na revista IEEE Software, as demais revistas Information Sciences, IEEE Transactions on Software Engineering, Lecture Notes in Computer Science, Measurement, Computer e Computer Science Technical Report Series tiveram 12.5% de publicações cada uma.

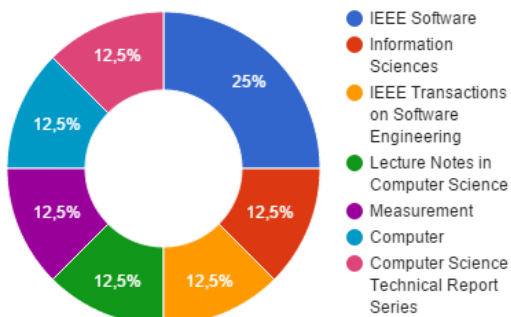


Figure 1. Principais revistas

III. RESULTADOS

Estão descritos, nessa seção, os resultados obtidos após o mapeamento sistemática dos artigos selecionados.

A. Análise Relacionada à Primeira Questão de Pesquisa

(QP1) O que a literatura caracteriza por metamodelagem?

Para responder à essa questão, foi feita uma caracterização sobre modelagem para então responder o que é metamodelagem. Os seguintes resultados foram obtidos.

Mellor, Clark e Futagami definem modelo como um agrupamento de componentes que relatam coisas físicas, abstratas ou uma realidade hipotética [8]. Rothenberg, por sua

vez, caracteriza modelos como uma abstração da realidade, visto que os modelos não conseguem representar todos os aspectos da realidade [9]. Sendo assim, podemos caracterizar modelos como uma junção de elementos com o objetivo de expressar uma dada realidade.

Os modelos não conseguem representar a realidade com todas suas particularidades, indo um pouco além disso, pode-se dizer que modelos não precisam representar a todos os aspectos da realidade. Na criação de um modelo, pode-se considerar apenas os pontos relevantes para a proposta, assim, utilizando modelos é possível tratar a realidade de modo mais simplista, diminuindo a complexidade e a irreversibilidade dela [9].

Outro ponto importante dessa simplicidade, diz respeito à representação visual do modelo. Mellor diz que “Each model will be expressed using a combination of text and multiple complementary and interrelated diagrams”[10], assim, com a redução dos aspectos que seriam representados, o modelo fica visualmente mais limpo e organizado.

Para começar a entender o que é a metamodelagem, é interessante buscar a origem da palavra. A metamodelagem é o ato de metamodelar (ou fazer metamodelos). A palavra meta, por sua vez, de acordo com o dicionário Oxford, tem origem grega e significa “atrás” ou “depois”. No sentido que buscamos, metamodelo significa o que está por atrás do modelo.

Mellor define metamodelo como um modelo de uma linguagem de modelagem, por exemplo, um modelo UML é descrito por um metamodelo UML, esse metamodelo diz como os modelos podem ser estruturados e os elementos que eles podem conter [10]. Clark, Sammut e Willans trazem ainda que um metamodelo descreve uma linguagem de modelagem com um nível maior de abstração do que a própria linguagem de modelagem[3]. Simplificando essas definições, podemos concluir que um metamodelo determina como um modelo deve ser construído.

Um metamodelo também é um considerado um modelo, porém o metamodelo captura as características e as propriedades principais da linguagem que será modelada, além disso um metamodelo tem uma arquitetura própria chamada de meta-metamodelo que define como os metamodelos devem ser descritos[3].

O uso da metamodelagem trás benefícios. Ela permite a definição de linguagens sem a necessidade da implementação de tecnologias, focando assim no domínio do problema, assim esperado aumento da produtividade[3].

B. Análise Relacionada à Segunda Questão de Pesquisa

(QP2) O que é medição e qual sua importância na Engenharia de Software?

Segundo Fenton e Pfleeger, medição é “the process by which numbers or symbols are assigned to attributes of entities in the real world in such a way as to describe them according to clearly defined rules” [1]. Isso significa que através da medição, é possível descrever algo, por meio de observações e registros, atribuindo valores numéricos às suas características.

Na engenharia de *software*, a medição tem um papel de suma importância para que as organizações obtenham sucesso,

visto que os processos de medição permitem às equipes de software entenderem a capacidade de equipe, e assim é possível realizar planos de projeto sólidos, que não violarão os custos, riscos e orçamentos do projeto [2].

Sendo assim, a medição na engenharia de *software* corresponde ao processo sucessivo de definir, coletar e analisar dados no processo de desenvolvimento de software, a fim de entender e controlar os processos [11]. Isso é, por meio da medição várias informações úteis dos processos são estudadas e por meio delas é possível saber como o processo é realizado, quais resultados estão gerando e também saber como administrar o processo, tornando-o melhor.

Na área de medição na engenharia de *software*, é utilizado uma abordagem chamada de GQM (*Goal Question Metric - Objeto Questão Métrica*), que se trata de uma abordagem fundamentada na suposição de que para se medir de modo intencional, é preciso primeiramente traçar os objetivos para os projetos e para a organização, depois deve-se traçar esses objetivos para os dados que são desejados e então utilizar um *framework* para interpretar os dados visando os objetivos definidos [12].

O método GQM consiste em levantar os objetivos, então refiná-los em questões que visam caracterizar o objeto de medição e apoiar a interpretação dos dados relativos os objetivos [11, 12]. É importante ressaltar que para as questões apoiarem a interpretação de maneira ótima, as questões devem ser definidas em um nível intermediário de abstração [11], isso é ela não pode ser tão específica, quanto às métricas, nem abstrata quanto os objetivos.

Para cada questão, sugere-se que a equipe de medição formule hipóteses para elas, essas hipóteses serão comparadas com os resultados obtidos durante a fase de interpretação [11]. Definir as hipóteses é importante pois serve para medir o conhecimento da equipe sobre os processos.

As questões, então, são refinadas em métricas que são dados que visam responder as questões de modo quantitativo. As métricas podem ser tanto objetivas, quanto subjetivas [12].

A definição das métricas no GQM são feitas por meio de uma perspectiva *top-down*, isso significa, inicialmente uma perspectiva geral da medição é definida (o objetivo da medição) e então se refina em mais detalhes até que toda a especificação seja reduzida em elementos base (métricas) [13]. O método é composto de 4 fases [11]:

- **Fase de planejamento:** Seleção do projeto para aplicar a medição; definição, caracterização e planejamento do projeto.
- **Fase de definição:** Definição e documentação dos objetivos, questões, métricas e hipóteses.
- **Fase de coleta de dados:** Coleta dos dados atuais para o projeto de medição.
- **Fase de interpretação:** Análise dos dados em relação às métricas definidas, respondendo as questões levantadas e então ocorre a avaliação se o objetivo foi alcançado.

A fase de interpretação, como descrita, mostra que a análise e a interpretação dos dados da medição são feitas de maneira *bottom-up*, isso é, os elementos menores (medidas)

são inicialmente interpretados e então eles são agrupados para responder as questões, e essas questões são reunidas para validar se foi alcançado o objetivo [13].

Uma atividade importante ocorre durante a fase de coleta de dados. Nessa fase, são definidos como os dados serão recolhidos, serão preenchidos os dados e os dados serão armazenados numa base de dados [11]. É importante armazenar esses dados, pois com a análise desses dados históricos será possível identificar padrões e também fazer planejamentos mais adequados e melhorar os processos da organização [2].

C. Análise Relacionada à Terceira Questão de Pesquisa

(QP3) Quais recursos da metamodelagem podem ser usados para construir uma base histórica de medições flexíveis?

A linguagem de metamodelagem necessita de uma arquitetura de metamodelagem específica. A arquitetura tradicional da metamodelagem possui 4 meta-níveis [3]:

M3: possui o meta-metamodelo que descreve as propriedades que todos metamodelos podem exibir.

M2: possui o metamodelo que captura a linguagem

M1: possui aplicação, podendo conter as classes de um sistema orientado a objetos, ou a tabela de uma base de dados relacional.

M0: possui os dados da aplicação

Usando dessa arquitetura, García, Serrano, Cruz-Lemus, Ruiz e Piattini propõem um *framework* conceitual para medição. No nível M3, está inserido uma linguagem abstrata para a definição dos metamodelos. O nível M2, possui os metamodelos genéricos que servirão para a criação de modelos específicos. Esse nível, é composto do metamodelo de medição e dos metamodelos de domínio, que servem para representar os tipos de entidades que são candidatas a serem medidas. No nível M1, é onde os modelos específicos estão, e esse nível é composto dos modelos de medição e de domínio. E no nível M0, estão os dados que o usuário registra na aplicação [5].

Além do uso da arquitetura, para a construção de um metamodelo deve-se definir a sintaxe abstrata, depois definir as regras sintáticas e as meta-operações, definir a sintaxe concreta, definir a semântica, e finalmente fazer a relação com outras linguagens de modelagem [3].

Um metamodelo deve descrever a sintaxe concreta e abstrata e a semântica do modelo. A sintaxe concreta diz respeito à notação que facilita a apresentação e a construção de modelos, pode ser tanto textual, quanto visual. A sintaxe abstrata relata a definição dos conceitos, os relacionamentos que existem entre eles e como eles se combinam para criar modelos [9]. A semântica, por sua vez, tem o papel de dar um significado para cada conceitos, de modo bem definido e bem compreendido [14]. A união desses 3 fatores, permitem a construção de um metamodelo coerente e bem estruturado.

Após o estudo sobre como construir uma metamodelagem, foram estudados metamodelos já propostos por outros autores para medição. O seguinte metamodelo para medição utilizando o método GQM foi desenvolvido utilizando como base [5, 7 e 11].

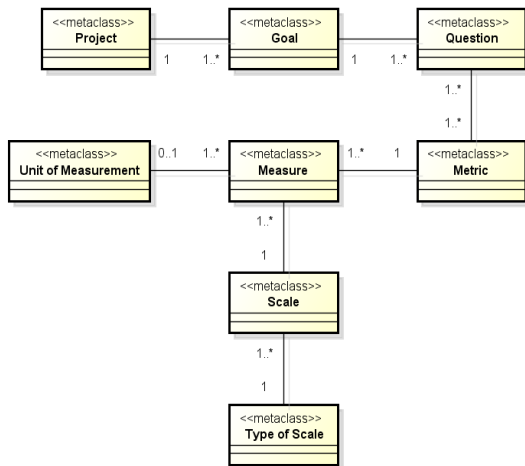


Figure 2. Metamodelo proposto para medição utilizando o método Goal Question Metric

De acordo com o método GQM, como já mencionado anteriormente, é esperado que um projeto de medição possua vários objetivos, caso ela queira medir de modo intencional [12].

Um objetivo de medição possui uma estrutura padrão, um template, proposto por [12], nessa proposta é apresentado que um objetivo possui o objeto a ser medido, a característica do objeto, o ponto de vista e a proposta de medição. Por exemplo, o objetivo “Maximizar a satisfação do cliente em relação ao produto de software”, tem como objeto “produto de software”, característica “satisfação”, o ponto de vista “cliente” e a proposta “maximizar”.

Esse template foi refinado no trabalho apresentado por [11], que propõe a seguinte estrutura: analisar (o objeto de medição), para a proposta de (o objetivo da medição), em relação à (o foco da qualidade do objeto), do ponto de vista de (as pessoas que medem o objeto) e no contexto de (o ambiente que será feito a medição).

O uso desse template permite maior conformidade com o método GQM, uma vez que está mais aderente a suas propostas e definições. Com base nessas estruturas, foi elaborada a seguinte proposta [11, 12].

TABLE III. ESTRUTURA DO OBJETIVO PELO MÉTODO GQM

Analisar	O objeto sobre medição
Para a proposta de	Entender, melhorar ou controlar
Em relação à	O foco da qualidade do objeto a ser medido
Do ponto de vista de	As pessoas que medem o objeto

Após a definição do objetivo ele será refinado em várias questões que visam caracterizar o objeto a ser medido. As questões, por sua vez, são respondidas por métricas que visam responder com informações quantitativas [12].

Uma métrica pode ser composta de várias medidas e as medidas definem a estrutura dos valores de medição [7]. Para

definir essa estrutura é necessário escolher a unidade de medida (tabela, coluna, porcentagem, horas, entre outros), a escala a ser utilizada (inteiros, reais, etc) e o tipo de escala (nominal, ordinal, escala de proporção, entre outros).

Para melhor explicar a metamodelagem, foi desenvolvido o seguinte exemplo: O projeto de certa empresa de software tem como um de seus objetivos “Analisar o produto de software para melhorar a qualidade do ponto de vista dos clientes”. Diante disso, sua equipe de medição propôs um grupo de questões que caracterizam os produtos desenvolvidos pela empresa. Uma dessas questões foi: “Qual é a qualidade do produto de software desenvolvido pela empresa?”. Visando responder à essa questão, foi levantada a métrica “média de erros por classe”. Essa métrica é composta por duas medidas: números de erros encontrados e número de classes do projeto. A unidade de medida da medida “número de erros encontrados” é Erro e da medida “número de classes” é Classe. A escala para ambas medidas é de números inteiros do 0 ao infinito e o tipo de escala é a escala de proporção.

A Figura 3 foi desenvolvida para melhor ilustrar como é feita a definição das métricas, utilizando o exemplo apresentado.

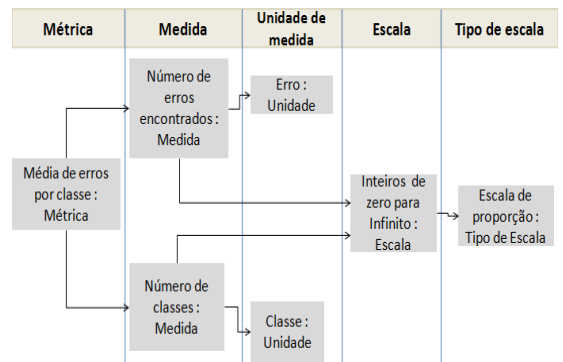


Figure 3. Definição das métricas usando o metamodelo proposto

Como já mencionado antes, uma métrica possui muitas medidas. As medidas se combinam por meio de operadores ou funções matemáticas para definirem uma métrica, ou seja, uma métrica (variável dependente) pode ser obtida por uma combinação matemática das medidas (variáveis dependentes). Nota-se que a métrica “Média de erros por classe” é obtida pela combinação de duas variáveis independentes “Número de erros” e “Número de Classes”. Essa combinação é feita pelo uso da função “média”, que é resultante de uma fórmula matemática que combina as variáveis independentes para calcular a variável dependente, isso é, “média de erros por classe” seria o “número de erros” <dividido por> “número de classes”. O que o usuário deve fazer para definir a métrica “média de erros por classe” é combinar as duas medidas usando esse operador. Cada medida irá possuir uma unidade de medida, e também uma escala. No caso do exemplo, ambas medidas apresentam a mesma escala, porém elas podem ser diferentes mesmo pertencendo à mesma métrica. Após a

escala ter sido definida é necessário que seja escolhido o tipo de escala.

Um outro exemplo, se métrica de Produtividade = Tamanho/Esforço, então tamanho e esforço são as medidas (variáveis independentes). Elas possuem escala, unidade de medida e tipo de escala. Sendo assim, a métrica produtividade é obtida pela combinação dessas medidas e o operador <dividido por>.

Dessa forma, para o usuário conseguir definir suas métricas, ele deve, primeiramente, cadastrar as medidas (variáveis independentes), usar os operadores ou funções matemáticas previamente definidos na aplicação e combiná-los como a “fórmula de cálculo” da métrica (variável dependente).

IV. CONCLUSÕES

Diante do estudo apresentado, percebe-se que a medição contribui com as empresas de software, permitindo o conhecimento sobre a performance e qualidade dos seus processos e produtos.

Assim, ao utilizar uma modelagem aplicada em um sistema de medições é esperado que ocorra um aumento na produtividade nas atividades de medição. Além disso, a modelagem também permite uma flexibilidade maior na definição das métricas, pois ela possibilita que o usuário crie suas próprias métricas, não dependendo de métricas já existentes.

Com a proposta, também será possível desenvolver uma aplicação que permita ao usuário, além de criar suas próprias métricas, armazenar esses dados de medição numa base histórica, e devido à flexibilidade que a modelagem oferece, será possível fazer diversas alterações nessas métricas sem a necessidade de realizar manutenção no código fonte.

Sendo assim, na continuidade desse trabalho, o modelo que foi proposto nesse artigo será utilizado para desenvolver um modelo de dados flexível e esse modelo de dados será utilizado para dar suporte a um software, que também será desenvolvido na continuidade desse estudo, que permitirá ao usuário definir suas próprias métricas e registrá-las numa base histórica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Fenton and S. Pfleeger, *Software metrics*. Boston: PWS Pub., 1997.
- [2] W. A. Florac, R. E. Park and A. D. Carleton, *Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement*. Pittsburgh, PA, 1997.
- [3] T. Clark, P. Sammut and J. Willans, *Applied metamodelling: A foundation for language driven development*, 2nd ed. Ceteva, 2008.
- [4] L. Lavazza, "Providing automated support for the GQM measurement process", *IEEE Softw.*, vol. 17, no. 3, pp. 56-62, 2000.
- [5] F. García, M. Serrano, J. Cruz-Lemus, F. Ruiz and M. Piattini, "Managing software process measurement: A metamodel-based approach", *Information Sciences*, vol. 177, no. 12, pp. 2570-2586, 2007.
- [6] N. Fenton, "Software measurement: a necessary scientific basis", *IEEE Transactions on Software Engineering*, vol. 20, no. 3, pp. 199-206, 1994.
- [7] E. Damiani, A. Colombo, F. Frati and C. Bellettini, "A Metamodel for Modeling and Measuring Scrum Development Process", *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 74-83, 2007.
- [8] S. Mellor, A. Clark and T. Futagami, "Model-driven development - Guest editor's introduction", *IEEE Softw.*, vol. 20, no. 5, pp. 14-18, 2003.
- [9] J. Rothenberg. Artificial intelligence, simulation & modeling. chapter The Nature of Modeling, pages 75-92. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 1989.
- [10] S. Mellor, *MDA distilled*. Boston: Addison-Wesley, 2004.
- [11] R. Solingen and E. Berghout, *The goal/question/metric method*. London [u.a.]: The McGraw-Hill Companies, 1999.
- [12] Basili, V.R.: Software Modeling and Measurement: The Goal Question Metric Paradigm. Computer Science Technical Report Series, CS-TR-2956 (UMIACS-TR-92-96), University of Maryland, College Park, MD (1992)
- [13] El-Haik and A. Shaout, *Software design for six sigma*. Hoboken, N.J.: Wiley, 2010.
- [14] D. Harel and B. Rumpe, "Meaningful modeling: what's the semantics of "semantics"?", *Computer*, vol. 37, no. 10, pp. 64-72, 2004
- [15] Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S. and Mattsson, M. Systematic mapping studies in software engineering. Proceedings of the 12th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE'08), British Computer Society, Swinton, UK, 68-77, 2008.
- [16] TRAVASSOS, G. H.; GUROV, D. E. AMARAL, E.A. G. Introdução à Engenharia de Software Experimental. Programa de Engenharia de Sistemas. COPPE. Rio de Janeiro.2002. Disponível em: http://www.researchgate.net/profile/Guilherme_Travassos/publication/237423441_Introducao_Engenharia_de_Software_Experimental/links/0c96052572276ba044000000.pdf.
- [17] Vogt, W. P. *Dictionary of Statistics and Methodology: A Nontechnical Guide for the Social Sciences*, London: Sage, 1999.

Avaliação de Impacto do SaaS em Contextos Empresarias

SaaS Impact Assessment in Business Contexts

Virgínia Maria Araújo

Depart. Tecnologias de Informação e Comunicação
Universidade New Atlantica
Lisboa-Barcarena, Portugal
varaujo@uatlantica.pt

Manuel Pérez Cota

Departamento de Informática
Universidade de Vigo
Vigo-Pontevedra, Espanha
mpcota@uvigo.es

Resumo — A evolução tecnológica permite-nos dispor de soluções altamente flexíveis, de fácil acesso com valores de investimento mais baixos, o que leva a muitas empresas adotarem soluções SaaS (Software-as-a-Service) para suporte aos seus processos de negócio. Hoje em dia, já quase todos os decisores de estratégias de TI nas organizações são levados a considerar a adoção de SaaS como uma solução de TI pelos benefícios de conveniência associados à tecnologia ou competição no mercado. Muitas vezes, os decisores das estratégias de negócio consideram apenas os incentivos atraentes do uso de SaaS ignorando os impactos associados às novas tecnologias. É necessário ter uma visão holística das implicações no desenvolvimento, no fornecimento, na utilização e operacionalização de SaaS nos diferentes tipos de empresas.

Palavras Chave – SaaS; Software como Serviço; Modelo de Negócio; Arquitetura de Software; Indústria de Software; Framework.

Abstract — The technological evolution allows us to have highly flexible solutions, easily accessible with lower investment values, which leads to many companies adopting SaaS (Software as a Service) to support their business processes. Nowadays, almost all of the IT strategies decision-makers in organizations are encouraged to consider the adoption of SaaS as an IT solution, because of the benefits of convenience associated with technology or market competition. Very often business strategies decision-makers only consider the attractive incentives of SaaS and they ignore the impacts associated with new technologies. A holistic view of the implications in the development, in the supply, in the use and in the operation of SaaS in different types of business organizations is necessary.

Keywords – SaaS; Software as a Service; Business model; Software Architecture; Software Industry; Framework.

I. INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica que temos vindo a verificar, permite a qualquer pessoa ter acesso à tecnologia a custos mais baixos[1]. Hoje, disponibiliza-se de infraestruturas de TI com maiores capacidades de processamento e armazenamento, redes de comunicações cada vez mais rápidas e com maior largura de banda. Devido a esta evolução, as soluções de

“Software como Serviço” apresentam-se atualmente como uma solução bastante interessante e sólida satisfazendo, na sua maioria, as necessidades dos seus utilizadores. A questão que se coloca agora é saber como aproveitar as oportunidades, desafios e identificar as soluções que podem emergir em resposta ao progresso do modelo SaaS. De que forma é possível oferecer Software a vários clientes e empresas em simultâneo. Este é o conceito e fundamento da “cauda longa” [2]. Para além das tecnologias de optimização de Data Centers corporativos, existe já uma razoável oferta de soluções de SaaS. Grandes *players* do mercado, tais como a Microsoft, IBM, HP, Dell, Salesforce.com e Amazon estão a desenvolver novas soluções de SaaS adicionando capacidades à oferta que já disponibilizam para fortalecer as suas posições no mercado [3]. Pode haver benefícios no uso de SaaS permitindo que as empresas se concentrem em aspectos de negócio, em vez de desafios tecnológicos [4].

II. INÍCIO DO ESTUDO E IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho inicia com a necessidade de pesquisar a oportunidade de utilizar SaaS para responder ao mercado de comércio eletrónico. Após uma análise mais alargada, verifica-se que é necessário responder a várias questões, tais como:

- Quais as implicações que o SaaS tem ao nível do modelo de negócio?
- E ao nível da distribuição de Software?
- Quais as diferenças no desenvolvimento de SaaS vs. Desenvolvimento de Software Tradicional?
- E ao nível da arquitetura?
- E da ao nível da segurança e do acesso?
- Como avaliar e tomar a melhor decisão?
- Quais as Vantagens vs. Problemas que os vários *stakeholders* identificam nas diferentes dimensões – Técnica, Negócio, Organizacional/Operacional?
- Quem são esses *stakeholders*? Temos as visões do Consumidor, do Fabricante e do Fornecedor que têm necessariamente papeis diferentes.

Identifica-se então um problema pois existem várias questões para as quais não temos resposta. Para iniciar um estudo no sentido de encontrar estas respostas, torna-se necessário restringir o âmbito da amostra alvo do estudo. Assim, pela proximidade e facilidade de comunicação aliada a uma apetência para a inovação, decide-se restringir o estudo a uma zona geográfica – Portugal. Este trabalho avalia o impacto do SaaS sobre os modelos e estratégias de negócios das empresas. Para contribuir para o relançamento económico do país, através do desenvolvimento e crescimento das empresas numa região específica de economia deprimida, tornando-se necessário que as empresas repensem os modelos de serviços que podem utilizar.

III. QUESTÕES DA PESQUISA E HIPÓTESE

Do cruzamento das questões iniciais com a situação económica do país, nasce a questão de fundo analisada neste estudo:

“Qual é o impacto do SaaS no desenvolvimento e crescimento das empresas?”

Desta grande questão que é o grande tema desta investigação, surgem as seguintes questões:

- QP 1: Quais são as reais necessidades no mercado de Software?
- QP 2: Quais os receios e o que se está a fazer para os mitigar?
- QP 3: Quais as implicações da adoção do SaaS?
- QP 4: Onde devemos focar a atenção na oferta de SaaS no sentido de criar maior valor?

IV. OBJETO DE ESTUDO, MOTIVAÇÃO E IMPORTÂNCIA DA PESQUISA

O objetivo estabelecido, é de análise de impacto do Software como Serviço nas empresas. Ao fazê-lo, procuram-se formas de incentivar a inovação e evolução do Software, o que implica o reconhecimento da importância e vantagem que o modelo SaaS tem para o desenvolvimento da comunidade de Software. Hoje e cada vez mais, as empresas têm de ser mais eficientes, mais competitivas, sendo necessário identificar todos os recursos que apoiem o seu desenvolvimento. Para além das tecnologias de otimização de Data Centers corporativos, existe hoje uma razoável oferta de soluções de SaaS. Este estudo constitui uma importante fonte de informação para as empresas que pretendem abordar os mercados de SaaS, para os fabricantes e fornecedores de Software conhecerem quais os receios e preocupações das empresas e daí desenvolverem esforços, no sentido de colmatar eventuais falhas nas suas soluções. Estes esforços podem implicar maiores investimentos em segurança, em customização, em isolamento de dados, em modelos de subscrição e cobrança mais simples, algumas alterações organizacionais e de cultura da empresa, etc. Como resultado desta investigação, são identificados diferentes tipos de aspetos de negócio, operacionais, funcionais, não funcionais, e técnicos. São identificados fatores interdependentes e inter-relacionados que são necessários avaliar quando se fala de SaaS.

A pesquisa existente aborda aspetos específicos e poucos estudos dão uma visão ampla das implicações do SaaS, quer para quem desenvolve e fornece Software, quer para quem o consome como utilizador final. Não se encontra na literatura nem na indústria, um estudo que nos disponibilize informação quanto à avaliação dos impactos do SaaS de uma forma abrangente, sob os pontos de vista do prestador e consumidor do serviço. Também não se encontra na literatura referência a Frameworks, Standards, guias ou mesmo processos específicos para avaliação do impacto do SaaS no negócio, envolvendo em simultâneo as perspetivas dos prestadores do serviço (Fabricantes de Fornecedores de SaaS) e dos consumidores do serviço (Clientes SaaS). Assim e de acordo com as recomendações dos estudos analisados e refletindo as perspetivas da literatura, é proposto neste trabalho um Framework que contempla as diferentes perspetivas do comprador-prestador de serviço, avaliando áreas de impacto específicas para SaaS. Denomina-se este Framework de SIE (SaaS Impact Evaluation) e para a sua elaboração baseamo-nos nos conceitos e processos do ITIL - Information Technology Infrastructure Library [5] e no PMBOK [6]. Adotamos o ITIL como Framework de referência pelas seguintes razões: Primeiro, trata-se de um Framework abrangente de processos, tecnologia, pessoas, e compreende a lógica de avaliação de impacto dos novos serviços no portfólio de serviços das organizações. Segundo, é reconhecido tanto por profissionais como por estudiosos [7]. Atualmente, o ITIL é um Standard para a gestão de serviços de TI que permite a integração do negócio com o TI, através da aplicação de um método orientado a processos. O ITIL é utilizado por muitas centenas de organizações em todo o mundo e oferece orientação das melhores práticas, aplicáveis a todos os tipos de organização de prestação de serviços. No âmbito desta fase da investigação, tivemos a participação na 4ª conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de informação com um Poster intitulado “Origem e evolução do Software como um Serviço” [8]. Também no âmbito desta investigação tivemos uma outra participação com uma sessão intitulada “Cloud computing and SaaS” [9].

É objetivo deste estudo, ter o envolvimento dos gestores, responsáveis e decisores das empresas, avaliar os impactos da adoção de soluções SaaS nas suas organizações e confirmar a hipótese de que o SaaS traz benefícios e potencia o seu desenvolvimento. Efetuar uma recolha de *feedback*, tanto daqueles que utilizam como daqueles que consomem SaaS mas, também daqueles que desenvolvem e/ou fornecem Software SaaS, abrangendo desta forma os dois pontos de vista no comércio do software. Pretende-se perceber o que de facto constitui um problema e o que efetivamente as empresas gostariam de ter disponível nesta oferta, e quais as suas implicações. Este estudo usa uma estratégia de pesquisa com base na combinação de métodos de investigação de forma sequencial. Primeiramente, é feito um levantamento para obter uma visão mais ampla e para fornecer informações de base através de um pesquisa quantitativa [10] que permite, posteriormente, ter uma maior profundidade na pesquisa quantitativa, ajudando a interpretar e contextualizar os resultados qualitativos.

V. METODOLOGIA

O paradigma positivista ou quantitativo faz uma suposição das leis gerais que regem os fenômenos investigados. Formula as hipóteses, usa técnicas de verificação sistemática, procura explicações causais para os fenômenos e produz generalizações teóricas com validade e confiabilidade, recusando a compreensão subjetiva dos fatos de uma realidade [10]. Uma abordagem quantitativa é baseada numa ontologia realista em que o papel da pesquisa científica é fazer generalizações com base naquilo que é analisado. Na investigação quantitativa, são utilizados de forma sistemática processos de medição, métodos experimentais ou quase experimentais, análise estatística de dados e modelos matemáticos para testar hipóteses, identificar relações causais e funcionais, para descrever situações de forma rigorosa. Pode afirmar-se que a maioria dos estudos em Sistemas de Informação é baseada em métodos que medem os resultados quantitativos. O paradigma pós-positivista, interpretativo ou qualitativo trabalha com crenças, valores, opiniões, representações, práticas, lógicas de ação, atitudes, normas culturais. O objetivo é conseguir um entendimento profundo com um certo grau de subjetividade dos sujeitos (individual ou coletivo) e dos fenômenos, dirigindo a pesquisa para grupos reduzidos, mas para serem intensamente estudados [10]. Uma abordagem qualitativa é baseada na compreensão dos fenômenos estudados no seu ambiente e contexto real, interpretando-os segundo a perspectiva dos envolvidos, sem preocupação com representatividades numéricas, com generalizações estatísticas nem relações lineares de causa-efeito. Assim, a interpretação, a consideração do pesquisador como principal instrumento de investigação e a necessidade de estar em contacto direto e prolongado com essa realidade para captar os significados dos comportamentos observados, revelam-se como características da pesquisa qualitativa. Apesar de não ser o paradigma dominante, o método qualitativo e perspectiva interpretativa tem sido bastante usado na investigação em sistemas de informação. Dependendo daquilo que se pretende investigar, ambas as abordagens qualitativa e quantitativa, podem complementar-se permitindo dessa forma ao investigador atingir os seus objetivos de forma mais eficaz. Em diferentes fases do estudo ou até na mesma fase, pode-se adotar diferentes epistemologias e estilos de pesquisa. As abordagens podem ser complementares e adequadas para minimizar a subjetividade e aproximar o pesquisador do objeto de estudo, respondendo às principais críticas da abordagem qualitativa e quantitativa respetivamente, proporcionando maior confiabilidade aos dados [11]. Cavaye e Myers defendem que uma abordagem que combina dados quantitativos e qualitativos é totalmente aceite em pesquisas no âmbito dos Sistemas de Informação [12], [13], [14].

Após uma breve revisão sobre metodologias de pesquisa, conclui-se que para responder às duas primeiras questões, um método quantitativo daria resposta. No entanto, a terceira e quarta questão necessitam de uma análise mais contextual e mais próxima da realidade operacional das empresas. Assim, chega-se à conclusão que um método combinado de uma análise quantitativa e qualitativa é o mais adequado [15]. Definido o método, o presente estudo é iniciado com uma análise quantitativa de dados resultantes de dois inquéritos Online enviados a uma amostra das empresas, como o objetivo de avaliar o nível da adoção das soluções baseadas em modelos

SaaS para as suas organizações, identificando lacunas e potencialidades do SaaS que necessitam de uma análise mais aprofundada no mercado português. Os resultados desta primeira pesquisa quantitativa complementam a pesquisa qualitativa realizada nesta investigação e que visa entender os diferentes tipos de empresas segundo a perspectiva do decisor, do gestor ou diretor, dentro do seu contexto operacional particular, na sua realidade. Nesta pesquisa, os dados são recolhidos através de entrevista semiestruturada, face-a-face com os diretores/gestores responsáveis pela estratégia de TI da sua organização ou área de negócio. A entrevista é um instrumento Standard de recolha de dados e uma fonte primária de informação em pesquisas de estudos de caso [16]. Com base nos resultados da pesquisa quantitativa, tendo obtidas respostas às questões QP1 e QP2, são elaborados dois guiões de entrevista com novas questões mais específicas ao objeto de estudo. Um dos guiões de entrevista é dirigido a Fabricantes e/ou Fornecedores de SaaS e outro dirigido a Utilizadores de SaaS. Cada entrevista é áudio-gravada e dura cerca de uma hora e meia. Durante a entrevista qualitativa, são tomadas notas das observações feitas pelo entrevistador/pesquisador. Na sua essência, todas as entrevistas são processadas de maneira idêntica por forma a permitir identificar a existência ou não de desvios no padrão e que fatores podem explicar esses desvios.

VI. FRAMEWORK DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO SAAS

Identifica-se na literatura e na indústria a necessidade de recolher o *feedback* dos vários e diferentes pontos de vista de todos os *stakeholders*, os aspetos individuais e as interdependências entre os vários domínios. O Framework SIE apoia o processo de avaliação de SaaS, facilitando a visão mais ampla do conceito e das suas implicações. O Framework aqui apresentado, apoia os fabricantes e fornecedores de Software no sentido de fornecer algumas ideias, recomendações, informações que possam ajudá-los a alavancar os princípios de configurabilidade, escalabilidade e eficiência multi-inquilino, abrindo um novo caminho para o desenvolvimento de software e mudar a forma de o disponibilizar.

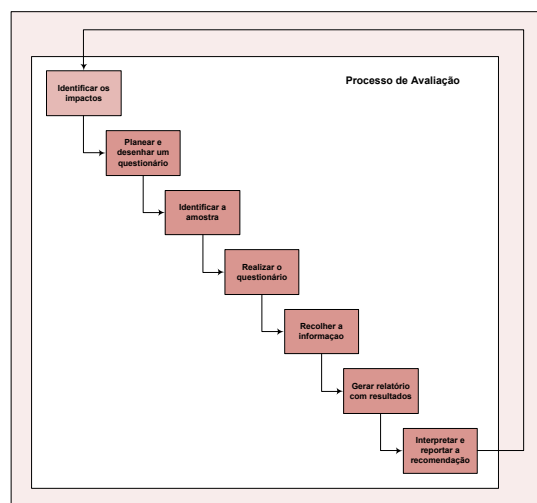


Figure 1. SIE (SaaS Impact Evaluation)

Para avaliar o impacto do SaaS, primeiramente é fundamental conhecer os objetivos e necessidades específicas dos *stakeholders*. Para avaliar este impacto, é proposto um processo constituído por 7 passos. Para a condução da presente pesquisa, foi utilizado este processo para atingir os objetivos do estudo e que em simultâneo nos serviu para validar a efetividade do próprio processo.

Passo 1: Identificação dos impactos

São identificados neste primeiro passo, os aspetos relevantes da solução SaaS específica para depois avaliar os seus impactos nas organizações para a tomada de decisão final. Descreve-se neste passo o método e a identificação dos dados:

- Arquitetura, modelos de maturidade, disponibilidade, portabilidade, escalabilidade, customização, integração, segurança e autenticação;
- Modelo de negócio, Pricing, SLAs, licenciamento e modelos de geração de receitas, e organizacionais.

Passo 2: Planeamento e desenho do questionário

No passo 2 é planeada e desenhada a pesquisa. Descreve-se neste ponto o método e o desenho da pesquisa. São identificados aspetos não funcionais e aspetos técnicos, baseados na revisão da literatura como resultado do passo 1 do Framework, e elaborando-se o quadro descritivo inicial do SaaS.

Passo 3: Identificação da amostra

No passo 3 identifica-se a amostra que deve envolver as várias pessoas das diferentes áreas da nossa organização de prestação de serviço, para garantir que a informação é fidedigna e coerente.

TABLE I. QUADRO DESCRITIVO INICIAL

<i>Categoria</i>	<i>Descrição</i>
Perfil da Empresa	Caracterização do tipo de empresa. Se é uma PME, uma grande empresa, com base tecnológica ou não. Nível de conhecimento do inquirido, sobre o conceito de disponibilização do Software como um serviço.
Posicionamento no Mercado	Importância do tipo de oferta SaaS para garantir o posicionamento das empresas no mercado, nível de satisfação com as soluções e principais dificuldades sentidas nas empresas e que limitam o recurso a este modelo.
Receita e Lucro	Retorno obtido através do recurso a soluções SaaS e perspectivas para o futuro.
Níveis de Funcionalidade, Actualizações e Roadmap	Grau de configuração das soluções, o grau de adaptação às necessidades de cada empresa, perspectiva de evolução e continuidade do serviço.
Versões gratuitas e Treino	Informações sobre tipos de versões e nível de aceitação, por parte dos utilizadores finais.
Modelos de Subscrição e SLAs	Existência de diferentes opções de subscrição e quais são essas opções. Falta de opções deve-se à uniformização da oferta ou esta é uma dificuldade no desenho e desenvolvimento das soluções.
Modelos Híbridos	Existência de modelos híbridos Online e Offline nas soluções SaaS.
Arquitectura e R&D (Research and Development)	Factores que constituem áreas de preocupação no desenvolvimento ou uso de soluções de SaaS. Interoperabilidade e integração com outras aplicações

<i>Categoria</i>	<i>Descrição</i>
	da organização, arquitetura Multi-Tenancy.
Modelos de infra-estrutura	Modelos de infra-estrutura, In-house, External, PaaS, IaaS.
Segurança	Nível da segurança, garantias de confidencialidade e privacidade dos dados dos utilizadores, mecanismos e ferramentas de segurança.

Passo 4: Realização da pesquisa

Para colmatar as falhas do estudo quantitativo, as limitações da amostra e aprofundar a análise contextualizando, desta forma, a investigação no seio de cada organização e no seu ambiente real, são também efetuados quatro estudos de caso. Na seleção desta amostra, tem-se em consideração a recolha da perspetiva de gestores e decisores de diferentes tipos de empresas quanto à dimensão e quanto ao seu papel relativamente ao Software SaaS. Tem-se em consideração a recolha da perspetiva de gestores e decisores de diferentes tipos de empresas quanto à dimensão e quanto ao seu papel relativamente ao Software SaaS:

- Enquadramento

Nesta secção, pede-se aos participantes para fazerem um resumo sobre a sua empresa/área de negócio e também uma breve descrição acerca da sua função e percurso profissional;

- Desafio

Nesta secção, pretende-se que os participantes falem dos motivos que levam a empresa a adotar uma estratégia de SaaS;

- Solução

Aqui pretende-se que os participantes falem das soluções encontradas para os desafios que enfrentaram e para os quais encontram no SaaS a resposta mais apropriada;

- Resultados

Nesta secção, pretende-se que os participantes falem dos resultados obtidos. Falem das mais-valias que a solução encontrada trouxe mas também, falem da sua opinião geral sobre essas mesmas soluções. Baseados na sua experiência pessoal, pretende-se identificar aspetos que funcionam bem, e outros que podem melhorar. São colocadas questões de foro não funcional, aspetos económicos e aspetos técnicos.

- Próximos passos

Nesta secção, pretende-se que os participantes falem sobre as suas perspetivas futuras. Pretende-se conhecer a sua opinião relativamente ao impacto que as estratégias de Cloud, e especificamente de SaaS, podem ter no desenvolvimento das empresas face ao atual cenário económico. Que medidas podem identificar como estando ao alcance dos empresários no sentido de contribuir para melhoria do atual cenário.

Passo 5: Recolha e análise dos dados

Procede-se à recolha da informação, neste passo. Esta deve ficar armazenada em local seguro e central e acessível, para posterior análise pelos vários *stakeholders* envolvidos na interpretação.

Passo 6: Geração do relatório com resultados

Neste passo, procede-se à geração do relatório no qual estão os resultados das respostas às questões colocadas aos vários intervenientes, deixando clara a imparcialidade do avaliador. A análise de conteúdo qualitativa revela padrões, temas e categorias cujo resultado final é um quadro descritivo de SaaS com base na interpretação, efetuada pelo investigadora, dos dados recolhidos e codificados [17].

Passo 7: Interpretação e *reporting* com a recomendação das ações a implementar

Procede-se à interpretação dos resultados, indicando os impactos positivos, impactos negativos e apresentação da recomendação.

VII. APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS

Criado o Framework de pesquisa, começa-se a caracterizar a amostra do estudo, quer para a análise quantitativa quer para a análise qualitativa, para aborda-las no sentido de questionar quanto a este novo paradigma tecnológico que constitui um enorme potencial, oferecendo às empresas a capacidade de se reorganizarem e reinventarem, possibilitando desta forma o seu desenvolvimento e crescimento económico.

Os dados quantitativos são recolhidos através de inquéritos Online ao longo de cerca de 1 ano com início em Outubro 2012. Cada inquérito tem cerca de 50 questões que abordam os temas em análise, sendo dada a opção ao inquirido de se identificar:

- Quais são as reais necessidades no mercado empresarial?
- Quais os receios e o que se está a fazer para os mitigar?
- Como responder de forma adequada às necessidades individuais dos utilizadores?
- Como eliminar a dúvida do utilizador/cliente relativamente à segurança e privacidade dos dados?
- Qual o nível de fiabilidade do sistema?
- Como é que o sistema, constituído pelos participantes numa plataforma SaaS, pode formar uma aliança empresarial altamente eficiente?

Da análise quantitativa efetuada conclui-se o seguinte:

- Há um desconforto relativo à segurança dos dados, customização e integração;
- Há ainda uma grande renitência em migrar processos críticos de negócio para SaaS, embora muitas empresas já usem SaaS para processos importantes;
- Os principais motivos que levam ou que podem levar as empresas a utilizar Software SaaS são

principalmente a poupança nos custos hardware, software e suporte de TI;

- Do ponto de vista dos Fabricantes/fornecedores de SaaS, consideram a oferta SaaS necessária para garantir o seu posicionamento no mercado de software;
- Apostam fundamentalmente em serviços Web/E-mail, CRM, HR e Recrutamento, e ferramentas de produtividade;
- As empresas têm registado um crescimento abaixo dos 10%, justificados talvez pelo cenário de crise económica e financeira em que se vive atualmente;
- Existem várias preocupações no que refere ao nível do serviço prestado pelos fornecedores do software;
- Muitos utilizadores desconhecem o conceito e o valor do SaaS;
- Os principais desafios no desenvolvimento e fornecimento de soluções de SaaS são a privacidade dos dados dos clientes, a integração com outras aplicações, a customização da aplicação para cada cliente e a conectividade e acesso;
- A maioria dos Fornecedores de SaaS não têm modelos arquiteturais maduros que lhes permita aumentar o benefício reduzindo o custo.

As contribuições da análise quantitativa são as seguintes:

- A identificação de um quadro descritivo dos aspetos do SaaS que serve como guia para fabricantes e fornecedores identificarem lacunas e oportunidades de melhoria nos seus produtos, e também para utilizadores conhecerem melhor as potencialidades do SaaS, riscos e alertas associados;
- Através da convergência de perspectivas de quem fornece e de quem consome SaaS, a identificação das maiores preocupações nas diferentes dimensões – técnica, negócio, organizacional/operacional;
- Definição do âmbito de análise mais aprofundada no contexto real das empresas, para identificação das implicações do SaaS;
- Que desafios e benefícios encontram nas soluções SaaS?
- Que medidas identificam como estando ao alcance dos Fabricantes, fornecedores, utilizadores, investigadores, no sentido de contribuir para a melhoria do SaaS?

Análise cruzada dos casos e resultados:

O resultado desta fase são as conclusões objetivas retiradas da análise dos dados recolhidos. Como resultado da análise quantitativa é elaborado um quadro comparativo dos 4 casos em termos de requisitos não funcionais e requisitos técnicos. Para perceber o que de facto constitui um problema no SaaS e o que efetivamente as empresas gostariam de ter disponível nesta oferta. Os resultados revelam que o SaaS efetivamente constitui

uma solução bastante interessante e sólida no desenvolvimento das empresas, contudo, existe a necessidade de maiores esforços nomeadamente ao nível da possibilidade de customização para cada cliente (*tenant*) e a integração da aplicação SaaS com as aplicações On-Premise (instaladas no local).

VIII. CONCLUSÕES E CONTRIBUIÇÕES

Está claro que este novo paradigma tecnológico constitui um potencial enorme, oferecendo às empresas a capacidade de se reorganizarem e reinventarem, possibilitando desta forma o seu desenvolvimento e crescimento económico. A identificação das maiores preocupações nas diferentes dimensões – Técnica, Negócio, Organizacional/Operacional, respondem às duas primeiras questões da pesquisa. A terceira questão, sobre as implicações da adoção do SaaS, é respondida com uma análise e interpretação dos dados recolhidos:

- O estudo confirma a afirmação de Lheureux [18] quanto à integração de SaaS nas estratégias de negócios;
- Confirma-se a afirmação de F. Chong, G. Carraro e R. Wolter, quanto ao facto da integração e a customização serem componentes críticas nas estratégias de uma arquitetura SaaS bem-sucedida, numa infraestrutura de TI centralizada em serviço [19]. No entanto, existem muitas limitações de customização na oferta de SaaS analisada;
- Verifica-se a adoção de SaaS por médias e grandes empresas e não apenas pequenas empresas em contraste com estudos anteriores [20];
- Os resultados mostram que os gestores das empresas reconhecem o valor acrescentado e a mais-valia do “Software como Serviço” nas suas organizações. No entanto, existem algumas necessidades de alteração, adaptação e evolução que podem ter implicações sobre a lógica de negócio do Fornecedor do Serviço, no que refere à forma como ele cria, entrega e captura valor através das suas soluções SaaS;
- Confirma-se que de facto o SaaS pode transformar, positivamente, a forma de construção e disponibilização do Software;
- SaaS não é só um modelo diferente de distribuição de Software, é uma nova forma de fazer negócio com Software;
- A escalabilidade das soluções é central para atingir volumes críticos de forma a gerar os lucros pretendidos. É necessário prever as necessidades de escalabilidade das soluções e desenhá-las em conformidade;
- O reconhecimento por parte do utilizador de que o SaaS funciona para a sua organização, para as suas necessidades, inicia um ciclo virtuoso de referências que se reflete num marketing viral;

- A segurança e privacidade dos dados são uma área de preocupação e insegurança quanto à utilização de SaaS;
- Foco dos inquiridos no Time-to-Value (TtV). Deve existir uma distância curta entre a decisão e a implementação de uma aplicação ou funcionalidade;
- SaaS está a avançar rapidamente. O Time to Market (TtM) é mais importante do que soluções On-Premise;
- Os SLA dos serviços SaaS são muito importantes. Os utilizadores ficam preocupados com os níveis de um serviço sobre o qual não têm controlo. Assim, ter uma visão transparente do serviço e do seu desempenho é muito importante. Devem portanto ser disponibilizados relatórios de desempenho do serviço.
- Os modelos de licenciamento complexos podem ser um *handicap* (desvantagem).
- As empresas têm uma preocupação válida entre ter demasiada infraestrutura ou ter pouca infraestrutura. Uns pensam que a infraestrutura demasiada, atrasa a organização e inibe a inovação. Outros pensam que sem infraestrutura é difícil ter sucesso e escalar. O mantimento de uma infraestrutura *in-house* usando os princípios de SOA [21] e Cloud Privada, usada como suporte às soluções SaaS, pode ser uma alternativa bastante viável para grande parte das organizações inquiridas.

AGRADECIMENTOS

Quero expressar o meu agradecimento ao Prof. Dr. Manuel Pérez Cota, Prof. Dr. José Ayude Vázquez, Prof. Dr. Jacinto Dacosta, ao Dr. Miguel Zegre, ao Eng.º Vítor Pinho, ao Dr. João Brás, ao Sr. Fernando Trigo, ao Eng.º Rui Cardoso e ao Dr. Jorge Xavier.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Plummer, D. C. , “Cloud Computing: Defining and Describing an Emerging Phenomenon”, Gartner, 2008.
- [2] Anderson, C. “The Long Tail: Why the Future of Business is Selling Less of More”, (1st ed.), New York: Hyperion, 2006.
- [3] KPMG, “Issues Monitor Sharing knowledge on topical issues in the Technology Industry”, <http://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/Documents/technology-july-2012.pdf>
- [4] Laudon, K., & Laudon, J., “Sistemas de Información Gerencial”, Pearson, 2012.
- [5] Rance, S., Rudd, C., Lacy, S., Hanna, A., Cannon, D., Hunnebeck, L., et al., “ITIL® Service Transition (2nd ed.). Belfast, Ireland: TSO (The Stationery Office)”, 2011.
- [6] Project Management Institute, “A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)”, Fifth Edition (ENGLISH) (5nd ed.), Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299, USA: Project Management Institute, Inc., 2013.
- [7] Blázquez, M. V., Tesis Doctoral, “Improving IT Service Management using an Ontology-Based and Model-Driven Improving IT Service Management using an Ontology-Based and Model-Driven Approach”, Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, Spain, 2011.
- [8] Araujo, V., Vasquez, J. A., & Cota, M. P., “Origem e evolução do Software como um Serviço”, 4ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, Póvoa de varzim, 2009.

- [9] Araujo, V., "Cloud computing and Software as a Service", FINCO: Forum de Informática e Comunicações, Sonae, 2012.
- [10] Denzin, N., Lincoln, K., & Yvonna, S., "Handbook of qualitative research", Thousand Oaks CA, US: Sage Publications Inc, 2005.
- [11] Hayati, D., Karami, E., & Slee, B. (2006). Combining qualitative and quantitative methods in the measurement of rural poverty. *Social Indicators Research*, 75.
- [12] Cavaye, A. (1996). Case Study Research: A Multi-Faceted Research Approach For IS. *Information Systems Journal*, 6(3). Patton, M. Q., "Qualitative research & evaluation methods", (3rd ed.), Thousand Oaks, California: Sage Publications Inc, 2002.
- [13] Myers, M. D. (1999). Investigating Information Systems with Ethnographic Research. *Communications of AIS*, 2(23).
- [14] Myers, M. D. (2003). Qualitative Research in Information Systems. *MISQ Discovery*.
- [15] Creswell, J. W. (2009). *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Thousand Oaks, California: Sage Publications Inc.
- [16] Yin, R. (2003). *Case Study Research: Design And Methods* (Vol. 5). Sage Publications Inc.
- [17] Lheureux, B., "SaaS Integration: How to Choose the Best Approach", Gartner, 2008.
- [18] Chong, F., Carraro, G., & Wolter, R., "Software as a Service (SaaS): An Enterprise Perspective", MSDN Library: microsoft Corporation, <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/aa905332.aspx>, 2006.
- [19] kern, T., Kreijger, J., & Willcocks, L., "Exploring ASP as sourcing strategy: theoretical perspectives, propositions for practice", *Journal of Strategic Information Systems*, 11(2), 153-177, 2002.
- [20] Arsanjani, A., "Service-oriented modeling and architecture. How to identify, specify, and realize services for your SOA", IBM Software Group, <https://www.ibm.com/developerworks/library/ws-soa-design1/ws-soa-design1-pdf.pdf>, 2004.

Diseño e implementación de una arquitectura y metodología aplicadas al monitoreo remoto de variables meteorológicas

Design and implementation of an architecture and methodology applied to remote monitoring of weather variables

Carlos Calderon-Cordova^{1,2}, Alex Jaramillo¹, Christian Tinoco¹, Manuel Quiñones^{1,2}
Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica
Universidad Nacional de Loja, Área de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables
Loja, Ecuador

ccalderon@utpl.edu.ec, mquinonez@utpl.edu.ec

Resumen — La medición de variables meteorológicas en las regiones montañosas de los Andes del Ecuador es de gran importancia para investigaciones medioambientales, hidrológicas y ecológicas. Dichas investigaciones revelan indicadores que contribuyen a la gestión innovadora del territorio, el cual se caracteriza por ser un patrimonio natural biodiverso del país. Debido a la heterogeneidad de la distribución de las precipitaciones y demás variables meteorológicas en dicha región, se manifiesta la necesidad de utilizar radares LAWR (Local Area Weather Radar) para construir mapas de variables de alta resolución temporal y espacial, sin embargo los datos de salida de estos sistemas radar se necesitan calibrar en tiempo real con nodos de medición terrena. En consecuencia, el radar LAWR instalado en la provincia de Loja-Ecuador destinado para investigaciones entre la Universidad (UTPL) y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs), necesita complementarse con datos en tiempo real de las variables adquiridas por las estaciones meteorológicas de referencia ubicadas en la zona de estudio. En base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo es el de diseñar, implementar y evaluar un sistema de monitoreo remoto, de bajo costo, flexible, y, en tiempo real de las variables meteorológicas adquiridas por las estaciones de medición terrena basadas en el equipo Davis Vantage Pro. El sistema implementado está basado en GPRS y suministra información confiable (error máx. 1.5%) y oportuna (cada 5 min.) que sirva como insumo para investigaciones aplicadas a la gestión inteligente del territorio.

Palabras Clave – monitoreo remoto; estaciones meteorológicas; redes GPRS; adquisición de datos; Davis Vantage Pro.

Abstract — The measurement of weather variables in the Andes Mountains of Ecuador is of great importance for environmental, hydrological and ecological research. Such investigations reveal indicators that contribute to innovative management of

territories, which it is characterized as a biodiverse natural heritage.

Due to heterogeneity of the distribution of rainfall and other weather variables in that region suggest the need to use radar systems LAWR (Local Area Weather Radar), to mapping of variables with high temporal and spatial resolution. However, the outputs of these radar systems are required to calibrate in real-time with ground nodes measurements. Therefore, the radar system LAWR, available in the province of Loja-Ecuador intended for research between the University (UTPL) and the autonomous governments (GADs), needs to be complemented with real-time monitoring of variables acquired by the reference weather stations located in the study area. Based on the above, the objective of this work is to design, implement and evaluate a remote real-time monitoring system of weather variables acquired by measuring ground stations based on Davis Vantage Pro. The implemented system is based on GPRS and provides reliable (max. error 1.5%) and timely (every 5 min.) information to enable to researchers intelligent management of territories.

Keywords – remote monitoring; weather stations; GPRS networks; data acquisition; Davis Vantage Pro.

I. INTRODUCCIÓN

La determinación de la cantidad de precipitación y demás variables meteorológicas en las regiones montañosas de los Andes del Ecuador es de gran importancia para investigaciones medioambientales, hidrológicas y ecológicas. Dichas investigaciones arrojan indicadores que contribuyen a la gestión innovadora del territorio, el cual se caracteriza por ser un patrimonio natural biodiverso del país. Debido a la heterogeneidad de la distribución de las precipitaciones y demás variables meteorológicas en dicha región y la incapacidad de la red nacional de proporcionar el servicio meteorológico adecuado, se manifiesta la necesidad de utilizar

radars para poder construir mapas de precipitación de alta resolución temporal y espacial. Además de la pluviosidad, otras variables de interés son: la velocidad y dirección del viento, la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la radiación solar, entre otras [1]-[3]. Desde hace algunos años radares de bajo costo basados en la banda-X son disponibles como alternativa para países en desarrollo (por ejemplo Local Area Weather Radar, LAWR) [4], sin embargo, estos dispositivos suministran datos confiables si hay los suficientes nodos de medición terrena para calibrar las imágenes suministradas por los radares [5], [6].

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) realiza investigaciones basadas en las imágenes (100m x 100m por pixel) de precipitación provenientes del radar LAWR desarrollado por el DHI (Dansk Hydroloisk Institut, Instituto Hidrológico de Dinamarca), este sistema es un radar marino modificado con un radio de alcance de 40 km. Una limitación del LAWR DHI es que no proporciona información de la medida de la reflectividad Z, sino que cada pixel de la imagen del radar tiene asociado un valor numérico sin dimensiones de 8 bits (de 0 a 255), el cual está relacionado con la tasa de precipitación R [1], [2]. El investigador tiene que buscar la correlación que existe entre los valores de cada pixel y los valores de precipitación registrados en las estaciones meteorológicas distribuidas en los cinco puntos de referencia. Luego, a partir de esta correlación, se obtiene una ecuación matemática que describe la relación Z/R, que permite convertir el índice de reflectividad Z del radar en tasa de precipitación R. Sin embargo, actualmente los datos de las estaciones meteorológicas en la zona de estudio se recogen manualmente mediante visitas in-situ cada 15 días, es decir cada 15 días se calibran las imágenes resultantes del LAWR, obteniendo mapas de precipitación de los 15 días anteriores a la recolección de datos in-situ. El problema anterior sumado a los problemas de consumo de recursos económicos en movilización y en personal, así como consumo de tiempo en la recopilación de los datos plantean la necesidad de diseñar e implementar un sistema de monitoreo en tiempo real, de bajo costo y flexible, de las estaciones meteorológicas de referencia, en consecuencia la plataforma desarrollada suministrará continuamente los datos recolectados permitirán determinar las funciones de calibración al menos cada 5 minutos en lugar de cada 15 días, así como también se dispondrá en tiempo real las funciones temporales de velocidad y dirección del viento, la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la radiación solar, entre otras variables de interés.

El sistema GPRS (General Packet Radio Service) es una tecnología para acceder a redes de paquetes de datos, ya que es una arquitectura basada en conmutación de paquetes en lugar de conmutación de circuitos, como consecuencia este sistema es continuamente seleccionado para aplicaciones de monitoreo continuo debido a costos, velocidades de transmisión, cobertura de la red, calidad de servicio, entre otros. [7]-[10] documentan la implementación de sistemas de monitoreo remoto de variables ambientales mediante el sistema GPRS.

El objetivo del presente proyecto es desarrollar e implementar un sistema de monitoreo en tiempo real, de bajo costo y abierto, de variables meteorológicas, basado en GPRS, aplicado a la gestión inteligente de territorios, el desarrollo del

sistema comprende algunos elementos los cuales se desglosan en las secciones del presente documento. La Sección II describe la arquitectura del sistema de monitoreo propuesto. La Sección III refiere a las características de la estación meteorológica de referencia. La Sección IV documenta el diseño y la implementación del módulo tarjeta de adquisición de datos. Las Secciones V y VI describen los elementos del módulo de comunicación GPRS y del módulo central de monitoreo, respectivamente. En la Sección VII se presenta la implementación y el análisis de resultados. Finalmente, las conclusiones principales del trabajo de investigación son resumidas en la Sección VIII.

II. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Cada uno de los nodos en donde están ubicadas las estaciones meteorológicas, representan las estaciones remotas, la estación central está ubicada en las instalaciones de la UTPL. Cada Estación Remota (REst) está formada por los siguientes elementos: 1) módulo estación meteorológica, 2) módulo tarjeta de adquisición de datos, y, 3) módulo de comunicación GPRS. La Estación Central (CEst) está formada por el módulo central de monitoreo (Fig. 1).

La estación meteorológica utilizada en el presente proyecto es la estación Davis Vantage Pro II (DVP2) [11], la cual está formada por la consola de visualización y por la unidad de sensores integrados. Esta estación meteorológica es usada en proyectos de investigación similares por la confiabilidad del dispositivo y de la información adquirida, tal es el caso de la investigación experimental de sistemas fotovoltaicos [12], y la recolección de datos de lluvia con alta resolución temporal [13]. Existen otras aplicaciones a una diversidad de sistemas, sin embargo para el monitoreo remoto de las estaciones DVP2 utilizan tecnología hardware y software (WeatherLink) del proveedor Davis Instruments Corp. Ello hace que la solución de monitoreo remoto sea cerrada y que no la podamos integrar automáticamente a otros sistemas o herramientas de análisis de datos. Nuestro dispositivo de interfaz entre la estación DVP2 y el sistema de comunicación basado en GPRS es una tarjeta electrónica desarrollada localmente. Esta tarjeta de adquisición de datos se desarrolló como uno de los objetivos específicos del presente proyecto, dicha tarjeta cuenta con capacidades de comunicación basada en el protocolo RS-232, para la conectividad de la consola de la estación meteorológica DVP2 con el módem de comunicación GPRS Skypatrol (SKP), así también la tarjeta posee la función de registro de la información recolectada. El módulo central de monitoreo está formado por una aplicación basada en el lenguaje de programación LabVIEW, que se conecta remotamente con el módem de comunicación SKP, visualiza los datos y los registra el conjunto de variables en archivos de hojas de cálculo.

III. MÓDULO ESTACIÓN METEOROLÓGICA

El módulo estación meteorológica (MEsm) es particularmente la estación DVP2, el cual es un equipo que permite obtener mediciones fiables y precisas de variables climatológicas como: temperatura exterior, humedad exterior, presión barométrica, precipitación, radiación solar, radiación UV, velocidad y dirección del viento, está conformada por una unidad externa de sensores integrados (ISS) y una consola. La ISS es aquella que se encuentra directamente conectada con los

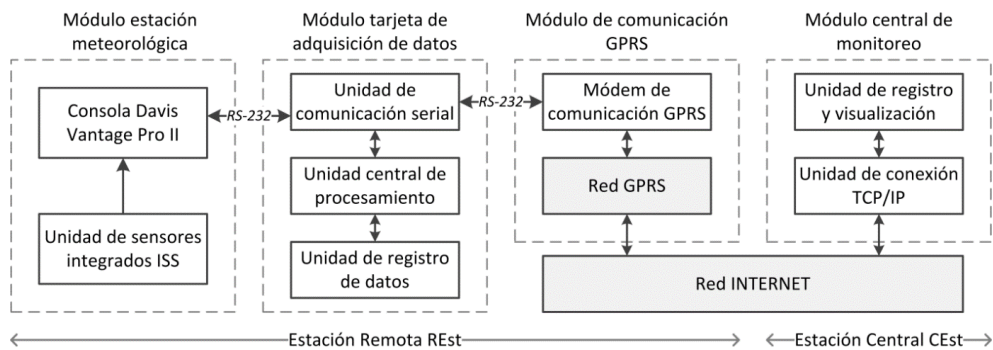


Figura 1. Arquitectura del Sistema de monitoreo remoto.

sensores, esta unidad realiza el acondicionamiento de las señales y la transmisión inalámbrica de los datos hacia la consola. Por otro lado la consola nos permite visualizar y registrar la data adquirida por la unidad ISS, así también posee sensores embebidos de temperatura, humedad y presión barométrica, posee memoria interna de 128 kB correspondiente a 2560 registros, por último posee un datalogger con conexión USB o serial para almacenamiento masivo de los datos. La conexión entre la consola y la unidad ISS soporta una distancia máxima de hasta 300 m [11].

Las características de resolución, rango y precisión de las variables adquiridas por la estación DVP2, se muestra en la Tabla I [11].

TABLA I. RESOLUCIÓN, RANGO Y PRECISIÓN DE LAS VARIABLES ADQUIRIDAS POR LA ESTACIÓN DVP2

Variable	Resolución	Rango	Precisión
Evapotranspiración	0,1mm	Día: 999,9 mm	5%
Humedad de hojas	1	0 a 15	0,5
Humedad de suelo	1 cb	0 a 200 cb	--
Presión barométrica (rango de altitud -3000 a +3800 m (-1000 a +12500"))	0,1 mm Hg	660 a 810 mm Hg	0,8 mm Hg
	0,1 mb	880 a 1080 mb	1,0 mb
	0,1 hPa	880 a 1080 hPa	1,0 hPa
Humedad Interior	1%	10% a 90%	5%
Humedad Exterior	1%	0% a 100%	3%
Punto de Rocío	1°C	-76° a +54°C	1,5 °C
Lluvia caída	0,2 mm	Día : 0 a 9999 mm	4%
Tasa de lluvia caída	0,1 mm	0 a 1999,9 mm/h	5%
Radiación Solar	1 W/m ²	0 a 1800 W/m ²	5%
Energía Solar	PC: 0,1 J/cm ²	PC: 19999,9 J/cm ²	5%
Dosis de UV	0,1 dosis media	0 a 199 de dosis media	5%
Índice de UV	0,1	0 a 16	5%
Temperatura Interior	0,1°C	0° a 60°C	0,5 °C
Temperatura Exterior	0,1°C	-40° a +65°C	0,5 °C
Temperatura de Suelo	1°C	-40° a +65°C	0,5 °C
Índice de Temp-Hum-Sol-Viento	1°C	-79° a +54°C	1 °C
Dirección del viento	1°	0° a 360°	7°
Compás (Rosa de los vientos)	22,5°	16 puntos de compás	7°
Velocidad del Viento	0,1 m/s	1 a 67 m/s	5%
Dirección del Alta Velocidad	22,5°	16 puntos de compás	7°

IV. MÓDULO TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El módulo tarjeta de adquisición de datos (MTad) es el sistema electrónico que cumple las siguientes funciones:

- Recolectar las variables de la consola de la estación DVP2 mediante comunicación serial RS-232. La recolección se realiza mediante comandos seriales enviados a la consola, ésta responde con una trama de 99 bytes.
- Desentramar y analizar los datos recibidos, en base a la distribución y significado de cada byte recibido [14].
- Almacenar los datos obtenidos en una memoria externa tipo I2C, esta función se la utiliza como respaldo para que pueda ser descargada alternativamente de manera local.
- Enviar los datos obtenidos al módem GPRS para su transmisión a la Estación Central de monitoreo, a través de la red de datos GPRS.

En base a las funciones del MTad, se definió la arquitectura de los dispositivos que la conforman (Fig. 2).

A. Circuito del MTad

El diseño esquemático y la simulación del MTad se realizó en el software ISIS de la compañía Labcenter Electronics. En la Fig. 3 se presenta el diseño de la tarjeta de circuito impreso (Printed Circuit Board - PCB).

En la Fig. 4 se presenta la PCB implementada, en la cual: 1) es el microcontrolador PIC 18F4520, 2) es el circuito integrado MAX-232, 3) y 4) son los conectores DB9 para conexión serial con el Módem y con la Consola respectivamente, por último 5) es la memoria externa tipo I2C, para almacenamiento de datos. Los elementos utilizados en el diseño e implementación del MTad, se detallan en la Tabla II.

B. Algoritmo del MTad

El algoritmo principal del microcontrolador empieza con una definición de registros y variables, asignación de pines de entrada/salida y configuración de registros de comunicación serial asincrónica. La programación de las diferentes funciones se realiza a través de subrutinas específicas, entre las subrutinas que forman parte del programa se encuentran: rutina de configuración del módem celular para trabajar en modo GPRS, rutina de adquisición de datos, rutina de procesamiento de los

datos, rutina de almacenamiento en memoria externa, y, rutina de encapsulamiento de datos y envío de la trama a la red GPRS. En la Fig. 5 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo principal del MTad.

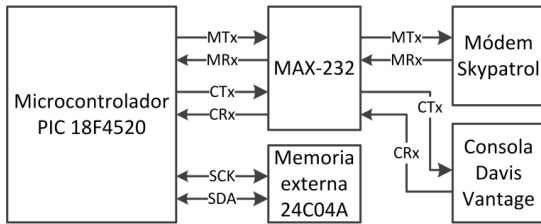


Figura 2. Arquitectura del módulo tarjeta de adquisición de datos.

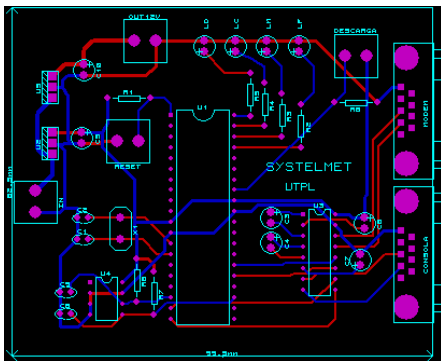


Figura 3. Diseño de la PCB del MTad.

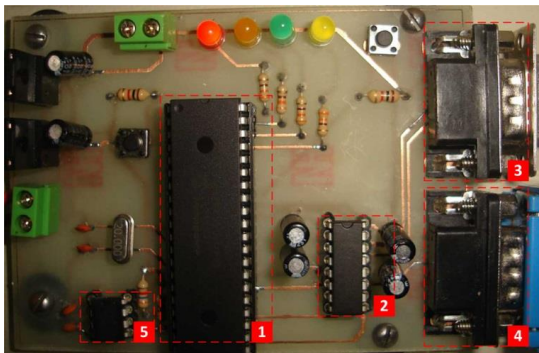


Figura 4. PCB del MTad implementada y ensamblada.

La rutina de adquisición de datos se realiza vía comunicación serial a través del USART del PIC a una velocidad de 9600 bps, se envía el comando *LOOP 1* para que la consola responda con la trama de 99 bytes. Una vez recibida la trama, se procede a guardarla para su posterior interpretación y se incrementa en uno el contador de muestras de datos tomados, esto con la finalidad de obtener un dato seguro

durante los 10 segundos y 30 datos durante un periodo de 5 minutos.

TABLA II. DISPOSITIVOS DEL MÓDULO TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Ítem	Descripción	Nombre	Valor
1	Resistores	R2, R3, R4, R5	330 ohm
		R1, R8	1kohm
2	Bornera	R6, R7	4k7ohm
		IN, OUT12V	doble
3	Regulador de voltaje	U2	LM7805
		U5	74LS12
4	Capacitor electrolítico 16V	C5, C10	4.7 uF
		C3, C4, C6, C7	1 uF
5	Capacitor cerámico	C1, C2	22 pF
		C8, C9	5.7 uF
6	Pulsador	Reset, Descarga	normal
7	Memoria EEPROM	U4	24C04A
8	MAX-232	U3	MAX232
9	Microcontrolador	U1	PIC18F4550
10	Oscilador de cristal	X1	20MHz
11	Diodos LED	LC, LF, LD, LM	1A
12	Conector serial	Consola, Módem	DB9 macho

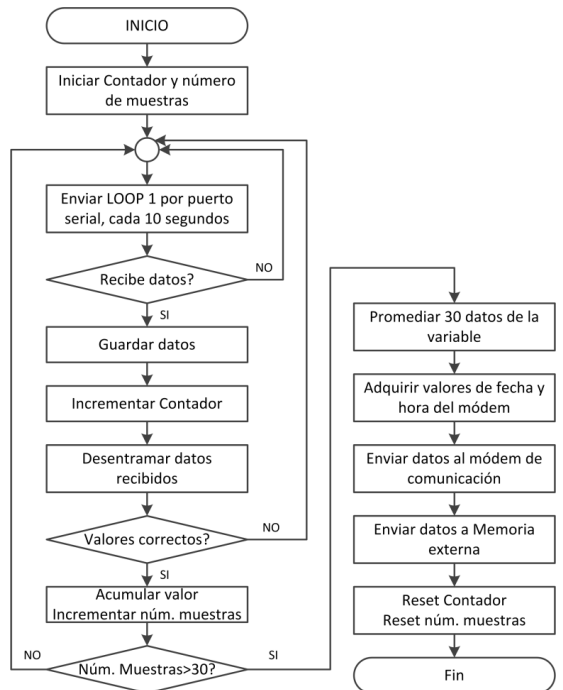


Figura 5. Diagrama de flujo del algoritmo principal del MTad.

La rutina de interpretación de datos implica identificar la posición y los valores de las variables en la trama de datos hexadecimales los cuales son convertidos a datos decimales. En base a [14], solamente 23 variables de la estación meteorológica se pueden obtener mediante este método, sin

embargo el sistema comercial de la estación meteorológica y su respectivo software WeatherLink, adquieren 38 variables.

La rutina de procesamiento de datos involucra primeramente verificar si es un dato real o es un dato erróneo, esta verificación se la realiza con respecto al rango de cada variable adquirida, luego cada uno de estos datos es agregado al valor promedio respectivo. Por último todos los valores resultantes se encapsulan en una trama para ser almacenada y enviada a la red.

La rutina de almacenamiento de datos implica registrar la trama de los valores resultantes en una memoria externa EEPROM tipo I2C modelo 24C04A, esta rutina también incluye el algoritmo de descarga directa de datos desde el MTad hacia un computador.

La rutina de envío de datos al módem GPRS se encarga de enviar la trama de valores resultantes hacia la red GPRS para que pueda ser registrada por la Estación Central.

V. MÓDULO DE COMUNICACIÓN

A. Esquema de comunicación

La red de comunicación encargada de permitir la conectividad entre las Estaciones Remotas (REst) y la Estación Central (CEst) es la red de datos GPRS. Todas las REst deben poseer un módem de comunicación, mientras que la CEst no necesita un módem debido a que, al estar ubicada dentro del Campus UTPL, posee conectividad a internet y su respectiva dirección IP pública. El proceso de comunicación se resume en lo siguiente: los módems reciben la información, éstos la transmiten hacia el servidor central que posee una dirección IP y un puerto definido, sin embargo la información se direccionará correctamente si el módem posee la puerta de enlace adecuada (gateway de la operadora móvil). El esquema de comunicación entre las REst y la CEst se muestra en la Fig. 6.

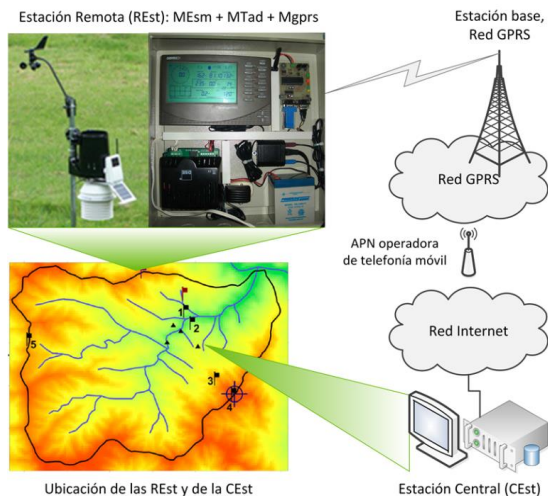


Figura 6. Esquema de comunicación GPRS entre las estaciones remotas y la estación central.

La red de datos GPRS realiza la función del transporte de los paquetes de información desde las REst hacia el servidor central de la CEst, su arquitectura física y lógica depende de la operadora de telefonía móvil. Sin embargo para la selección del esquema de comunicación se tomó en cuenta dos aspectos: determinar si los nodos de las estaciones remotas se encuentran dentro de la cobertura de la red de datos de la operadora, y, considerar la cantidad de tráfico generado por la red de estaciones remotas, con el objetivo de evaluar las tarifas para la sostenibilidad en el tiempo del presente sistema.

La red de datos GPRS utilizada en el presente sistema es la perteneciente a la empresa de telefonía celular Movistar (Otecel S.A.), debido a que posee bajos costos para el tráfico de datos y las ubicaciones de las estaciones remotas están dentro de la cobertura de dicha red.

B. Módem de comunicación

Cada estación remota debe estar compuesta por un módem de comunicación GPRS conectado mediante interfaz serial al MTad. Para lograr que el módem se conecte satisfactoriamente a la red GPRS de la operadora de telefonía celular, se debe configurar el módem tomando en cuenta algunos aspectos importantes. En el presente proyecto se seleccionó el módem GPRS Skypatrol TT8750 [15]. Las configuraciones necesarias en el módem GPRS son:

- Configuración de la interfaz serial RS-232, en nuestro caso específico el módem está operando a 8N1 y 9600 bps [16].
- Configuración de acceso a la red GPRS, este comando permite establecer el tipo de comunicación y el nombre del punto de acceso de la red (APN), el cual es el Gateway de la operadora de telefonía celular.
- Configuración del protocolo, dirección IP y número de puerto del servidor, en nuestro caso específico se utiliza el protocolo TCP para la transmisión de los datos en la red GPRS, y, el número del puerto del servidor de la estación central de monitoreo es el 555.

El modo de operación de cada una de las estaciones remotas es de tipo B, es decir la estación remota se engancha a los servicios GPRS y GSM (Global System for Mobile communications).

VI. MÓDULO CENTRAL DE MONITOREO

El núcleo del Módulo central de monitoreo es una aplicación desarrollada en LabVIEW, la cual la denominamos *Sistemet*, en la Fig. 7 se muestra la interfaz gráfica de usuario de la aplicación. Las funciones que realiza la aplicación son:

- Leer los datos enviados por la estación remota, por medio del puerto 555 del servidor de la estación central.
- Visualizar gráficamente y numéricamente los datos meteorológicos adquiridos por la estación remota.
- Almacenar en ficheros diarios tipo hojas de cálculo, los datos adquiridos.
- Permitir consultar el historial de datos almacenados en el servidor.

La trama de los datos resultantes (Fig. 8) que envía la REst y que recibe el servidor de la CEst, contiene el identificador

de REst, la fecha, la hora y los valores respectivos a las 23 variables adquiridas.

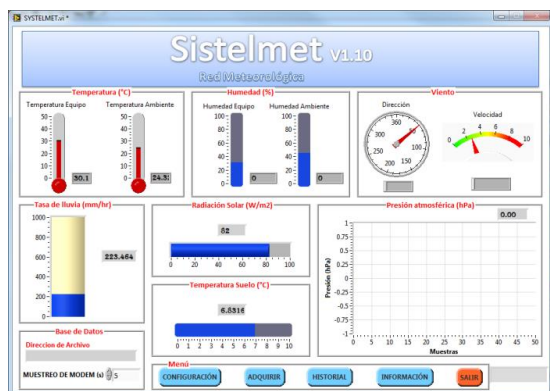


Figura 7. Interfaz de usuario gráfica de la aplicación Systelnet.

```

**Id_REst** ; fecha_aa,mm,dd; hora_hh,mm,ss; Presion; TempInt; TempExt; HiTempExt; LowTempExt; TempSuelo; HiTempSuelo; LowTempSuelo; HumInt; HumExt; HumSuelo; VelocViento; HiVelocViento; DirViento; HiDirViento; Lluvia; HiLluvia; UV; HiUV; RadSol; HiRadSol; DayRain; DayET**

**01** ; 15, 6, 3; 21, 27, 34; 29845; 65154; 60012; 62123; 58123; 152; 161; 148; 62; 74; 56; 1; 12; 83; 270; 200; 500; 40; 55; 84; 91; 6; 15**
    
```

Figura 8. Estructura de la trama (sup), trama de ejemplo (inf).

Luego de receptada la trama, el servidor central segmenta los datos y procede a convertirlos a las unidades específicas que se necesita para las investigaciones ambientales y afines. En la Tabla III se muestra la estructura de la trama, la función de conversión y el valor final de los datos receptados.

VII. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de diseñar, configurar y desarrollar cada uno de los módulos del sistema de monitoreo remoto, en la presente sección se integra todos estos elementos con el objetivo de evaluar el desempeño del sistema.

A. Integración del tablero de la Estación Remota

El tablero (Fig. 9) consta de la interconexión de los elementos de la estación remota: 1) la consola de la estación meteorológica DVP2, 2) la tarjeta de adquisición de datos MTad, 3) el módem de comunicación GPRS Skypatrol, 4) la fuente de alimentación de la estación DVP2, 5) el módulo de carga de la batería, 6) la batería de 12V-5Ah, y, por último 7) las antenas GPRS y GPS (Sistema de posicionamiento global).

B. Análisis de resultados

Para el análisis y comparación de resultados, se procedió a comparar los datos obtenidos por nuestro software Systelnet con los datos provenientes del software WeatherLink, el análisis realizado corresponde al cálculo del error relativo entre los conjuntos de datos. Se realizan dos ensayos para comparación: ensayo-día 1, desde las 10h30 hasta las 12h30 se obtienen 13 muestras de las variables meteorológicas; ensayo-día 2, desde las 16h25 hasta las 18h25.

En la Fig. 10a se presenta la gráfica de los datos de la variable Humedad Externa y el error relativo calculado, correspondiente al ensayo 1. El error máximo entre los datos es de 1.5 %. En la Fig. 10b se presenta la gráfica de los datos de la variable Temperatura Externa y el error relativo calculado, correspondiente al ensayo 2. El error máximo entre los datos es de 1.1 %.

TABLA III. ESTRUCTURA DE LA TRAMA, FUNCIÓN DE CONVERSIÓN Y VALOR FINAL DE LOS DATOS RECEPTADOS

Variable	Etiqueta	Dato de la trama	Función de conversión	Valor final	Unidades
Presión	Presion	D1	$(D1/1000)*33.8639$	1010.67	hPa
Temperatura interna	TempInt	D2	$((D2/1000)-32)/1.8$	18.42	°C
Temperatura externa	TempExt	D3	$((D3/1000)-32)/1.8$	15.56	°C
Temperatura externa máxima	HiTempExt	D4	$((D4/1000)-32)/1.8$	16.74	°C
Temperatura externa mínima	LowTempExt	D5	$((D5/1000)-32)/1.8$	14.51	°C
Temperatura del suelo	TempSuelo	D6	D6/10	15.2	°C
Temperatura del suelo máxima	HiTempSuelo	D7	D7/10	16.1	°C
Temperatura del suelo mínima	LowTempSuelo	D8	D8/10	14.8	°C
Humedad interna	HumInt	D9	D9	62.0	%
Humedad externa	HumExt	D10	D10	74.0	%
Humedad del suelo	HumSuelo	D11	D11	56.0	cb
Velocidad viento	VelocViento	D12	$D12*0.44704$	0.447	m/s
Velocidad viento máxima	HiVelocViento	D13	$(D13/10)*0.44704$	0.536	m/s
Dirección de viento	DirViento	D14	D14	83.0	°
Dirección viento máxima	HiDirViento	D15	D15	270.0	°
Tasa de lluvia	Lluvia	D16	$(D16/100)*25.4$	50.8	mm
Tormenta de lluvia	HiLluvia	D17	$(D17/100)*25.4$	127.0	mm
Ultravioleta	UV	D18	D18/10	4.0	índice
Ultravioleta máximo	HiUV	D19	D19/10	5.5	índice
Radiación solar	RadSol	D20	D20	84.0	Watt/m ²
Radiación solar máxima	HiRadSol	D21	D21	91.0	Watt/m ²
Day lluvia	DayRain	D22	D22/100	0.06	--
Day Evapotranspiración	DayET	D23	D23/1000	0.015	--



Figura 9. Interconexión de los elementos de la Estación Remota.

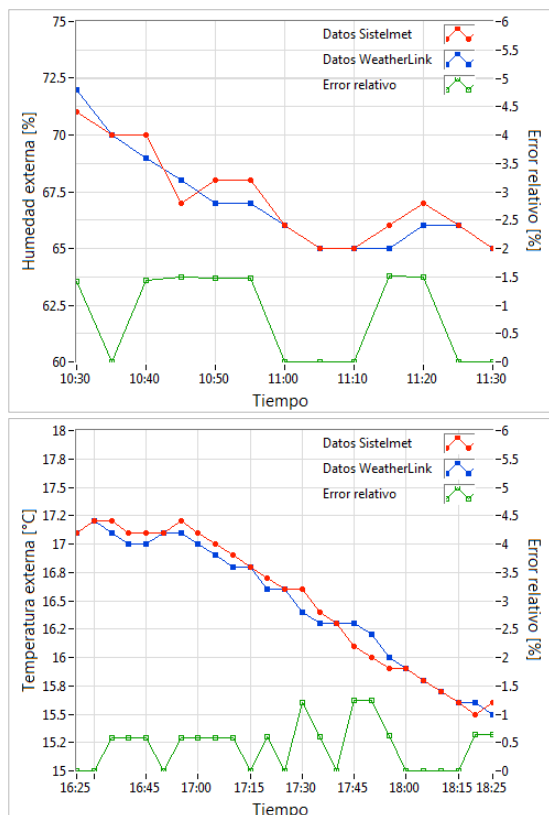


Figura 10. a) datos y errores del ensayo 1, b) datos y errores del ensayo 2.

La causa principal de los errores radica en las muestras promediadas de la lectura de la consola, en nuestro sistema propuesto se obtiene una muestra cada 10 segundos para obtener el promedio cada 5 minutos, en el sistema comercial el muestreo se realiza cada 2.5 segundos.

Con respecto a los datos de precipitación adquiridos en tiempo real, el siguiente paso a desarrollar es integrar los datos al procedimiento (Fig. 11) propuesto en [1] para la calibración de las imágenes LAWR con el objetivo de que este procedimiento se ejecute cada 5 minutos y así obtener las funciones de calibración en tiempo real. Este desarrollo e integración se propone para trabajos futuros.

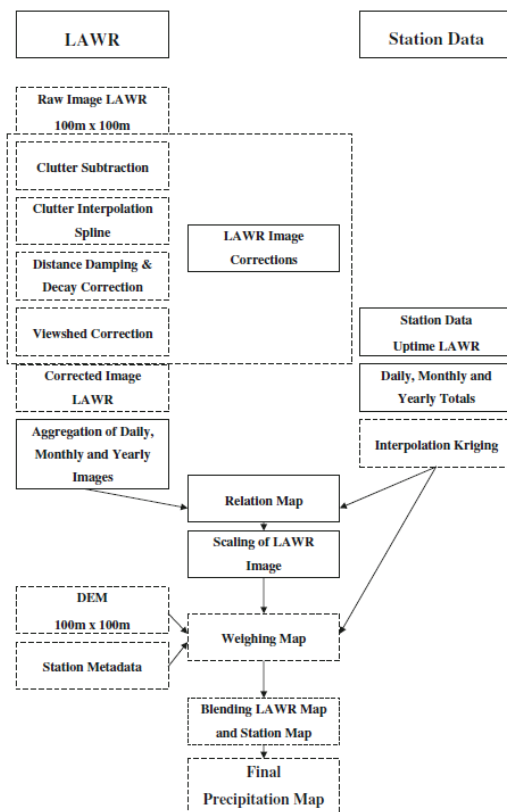


Figura 11. Procedimiento para la generación de mapas de precipitación aplicado a imágenes del LAWR [1].

VIII. CONCLUSIONES

Se ha propuesto y evaluado una arquitectura de bajo costo y una metodología para la extracción de datos en tiempo real de las estaciones meteorológicas Davis Vantage Pro. Esta arquitectura y metodología forma parte del sistema de monitoreo remoto implementado para la adquisición de las variables meteorológicas medidas por las estaciones de medición terrena. Se aplicó el sistema propuesto al monitoreo

en tiempo real de las estaciones terrenas de referencia del sistema de radar LAWR.

El presente trabajo es una solución de bajo costo y flexible que aporta a disminuir el consumo de recursos económicos en movilización y personal, y, el consumo de tiempo en la recopilación de los datos de las estaciones terrenas. Así también este sistema suministrará continuamente (cada 5 minutos) los datos recolectados de precipitación que permitirán determinar las funciones de calibración aplicadas a los radares LAWR.

El sistema de adquisición de datos y monitoreo remoto implementado, suministra información confiable (error máximo 1.5%) y oportuna (cada 5 minutos). El error máximo se lo determinó en las variables donde existe mayor desviación y a la vez cubre un mayor rango (Temperatura externa y Humedad externa).

Se implementó el módulo tarjeta de adquisición de datos con las prestaciones necesarias y suficientes para este tipo de aplicaciones: Recolecta las variables de la consola de la estación DVP2 mediante comunicación serial RS-232. Desentrama y analiza los datos recibidos, en base a la distribución y significado de cada byte. Almacena los datos obtenidos en una memoria externa tipo I2C, y, envía los datos obtenidos al módem GPRS para su transmisión al módulo central de monitoreo, a través de la red de datos GPRS.

AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo agradece al Dr. Andreas Fries y al Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil, por el financiamiento aportado para la ejecución del presente proyecto.

REFERENCIAS

[1] Fries, R. Rollenbeck, B. Bayer, V. Gonzalez, F. Oñate-Valvieso, T. Peters, and J. Bendix, "Catchment precipitation processes in the San Francisco valley in southern Ecuador: combined approach using high-resolution radar images and in situ observations", *Meteorol. Atmos. Phys.*, Jun. 2014.

[2] R. Rollenbeck and J. Bendix, "Rainfall distribution in the Andes of southern Ecuador derived from blending weather radar data and meteorological field observations", *Atmos. Res.*, Vol. 99, No. 2, Feb. 2011, pp. 277-289.

[3] R. Rollenbeck and J. Bendix, "Experimental calibration of a cost-effective X-band weather radar for climate ecological studies in southern Ecuador", *Atmos. Res.*, Vol. 79, Iss. 3-4, Mar. 2006, pp. 296-316.

[4] N. E. Jensen, "X-band local area weather radar—preliminary calibration results", *Water Sci. Technol.*, 2002, Vol. 45, pp. 135-138.

[5] Germann U, Galli G, Boscacci M, Bolliger M, "Radar precipitation measurement in a mountainous area". *QJR Meteorol. Soc.*, 2006, Vol. 132, pp. 1669–1692.

[6] Delrieu G, Boudevillain B, Nicol J, Chapon B, Kirstetter PE, Andrieu H, Faure D, "Bolle'ne-2002 experiment: radar quantitative precipitation estimation in the Ce'vennes-Vivarais region", France, *J Appl Meteorol Climatol*, 2009, Vol. 48, pp. 1422–1447.

[7] Liang Ying; Guo Yun-feng; Zhao Wei, "Greenhouse environment monitoring system design based on WSN and GPRS networks," in *Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER)*, 2015 IEEE International Conference on, vol., no., pp.795-798, 8-12 June 2015.

[8] Kovacs, A.; Nicolciou, A.; Arhip, J.; Casu, G., "Design and implementation of a GPRS remote data logger for weather forecasting," in *Communications (COMM)*, 2014 10th International Conference on, vol., no., pp.1-4, 29-31 May 2014.

[9] Li Dongjiang; Li Zhihong; Lou Xiaoyan; Yu Junhao, "Design and implementation of water well monitoring system based on GPRS," in *Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, 2013 3rd International Conference on, vol., no., pp.221-224, 20-22 Nov. 2013.

[10] Xue TianLiang; Zhong QingYao; Zhou Yunhai, "Design of a real-time monitoring system for transmission line galloping based on GPRS/CDMA," in *Advanced Power System Automation and Protection (APAP)*, 2011 International Conference on, vol.3, no., pp.1778-1781, 16-20 Oct. 2011.

[11] Davis Instruments Corp., "Manual de la consola Vantage Pro2", pp. 1-100, 29 May 2012.

[12] Farhana, Z.; Irwan, Y.M.; Azimmi, R.M.N.; Razliana, A.R.N.; Gomeh, N., "Experimental investigation of photovoltaic modules cooling system," in *Computers & Informatics (ISCI)*, 2012 IEEE Symposium on, vol., no., pp.165-169, 18-20 March 2012.

[13] Omotosho, T.V.; Willoughby, A.A.; Akinyemi, M.L.; Mandeep, J.S.; Abdullah, M., "One year results of one minute rainfall rate measurement at Covenant University, Southwest Nigeria," in *Space Science and Communication (IconSpace)*, 2013 IEEE International Conference on, vol., no., pp.98-101, 1-3 July 2013.

[14] Davis Instruments Corp., "Vantage Pro2 Serial Communication Reference Manual", pp. 1-60, 29 March 2013.

[15] SkyPatrol LLC, "SkyPatrol TT8750 User Guide", pp. 1-47, 15 August 2008.

[16] SkyPatrol LLC, "SkyPatrol TT8750 AT command Reference", pp. 1-520, 18 March 2010.

Modelo de Classificação para Cardiotocografias

Classification Model for Cardiotocographies

Ana Pereira¹, Filipe Salgado²
EEUM/DSI - Escola de Engenharia da
Universidade do Minho, Departamento
de Sistemas de Informação Guimarães,
Portugal
¹a66270@alunos.uminho.pt,
²a66375@alunos.uminho.pt

Luís Paulo Reis
EEUM/DSI - Escola de Engenharia da
Universidade do Minho, Departamento de
Sistemas de Informação e Centro
ALGORITMI
LIACC - Laboratório de Inteligência
Artificial e Ciência de Computadores
Guimarães e Porto, Portugal
lpreis@dsi.uminho.pt

Brígida Mónica Faria
PP/ESTSP – Politécnico do Porto/
Escola Superior de Tecnologia da
Saúde do Porto
LIACC – Lab. de Inteligência. Artificial
e Ciência de Computadores
INESC TEC – Inst. Eng. Sistemas e
Computadores, Tecnologia e Ciência
Porto, Portugal
btf@estsp.ipp.pt

Resumo — A cardiotocografia é um exame de diagnóstico realizado a partir das 28 semanas da gravidez que regista a frequência cardíaca do feto e as contrações uterinas. Deste exame resulta um cardiotocograma cuja leitura e observação de padrões nos registos nele contidos, permitem uma aferição da condição do bebé e da vitalidade fetal no útero materno. Este trabalho propõe a criação de um modelo de classificação utilizando Algoritmos de Aprendizagem/Data Mining com recurso à ferramenta *Rapid Miner*. Foi objeto de estudo um ficheiro de dados com informação registada a partir de um total de 2126 cardiotogramas, com 23 atributos, devidamente classificados por três obstetras especializados quanto ao estado do bebé, em três estados possíveis, nomeadamente: N = Normal; S = Suspeito; P = Patológico. Todos os modelos testados revelaram uma acuidade global superior a 80%. Concluindo-se assim a utilidade da criação de modelos de previsão para a classificação deste tipo de diagnóstico.

Palavras Chave – Cardiotocografia (CTG); Frequência cardíaca fetal (FCF); Contrações uterinas (CU); Data Mining (DM).

Abstract — Cardiotocography is a diagnostic exam performed from the 28th week of pregnancy that registers the fetus cardiac frequency and uterine contractions. From this exam results a cardiotocogram whose reading and observation of the patterns contained in it allow an evaluation of the baby's condition and the fetal vitality in the maternal womb. This work aims the creation of a classification model using Learning Algorithms/Data Mining using the tool *Rapid Miner*. The subject of study was a Data Set with information registered from a total of 2126 cardiograms, with 23 attributes, properly classified by 3 specialized obstetricians as to the baby status, in three possible states, namely: N = Normal; S = Suspect; P = Pathologic. All models tested showed an overall accuracy greater than 80%. Therefore the usefulness of creating predictive models for the classification of this type of diagnosis is great.

Keywords – Cardiotocography (CTG); Fetal heart rate (FHR); Uterine contractions (UC); Data Mining (DM).

I. INTRODUÇÃO

Segundo Rhöse *et al.*, em [1], a Cardiotocografia (CTG) é um exame que, através de um registo contínuo da frequência cardíaca do feto (FCF) e das contrações uterinas (CU) da mãe,

permite uma monitorização do estado do feto e da vitalidade fetal. Segundo este artigo, existem vários sistemas de classificação dos padrões do CTG, no entanto, o *International Federation for Gynecology and Obstetrics/ST-analysis* (FIGO/STAN) terá sido, provavelmente, o que atingiu maior consenso.

Ayres-de-Campos *et al.* [2] afirmam que com a análise dos registos da cardiotocografia, os resultados obtidos podem ser ordenados em uma das classes seguintes: N = *normal*; S = *suspect*; P = *pathologic*.

Bogdanovic *et al.* [3], referem que a vigilância fetal com recurso ao uso de cardiotocografias foi introduzida na década de 1960, e que apesar do efeito positivo da cardiotocografia nos resultados neonatais nunca ter sido demonstrada, a cardiotocografia é, atualmente, amplamente usada e constitui um método fiável de monitorização do feto durante a gravidez e/ou durante o parto.

Segundo Øian e Blix referem em [4], a cardiotocografia (CTG) tem sido recomendada desde há décadas para a vigilância fetal de gestações de alto risco em trabalhos de parto em muitos países.

Sundar *et al.* [5], [6], [7] e Chitradevi *et al.* [8], afirmam que a Cardiotocografia (CTG), consiste no estudo da frequência cardíaca fetal (FCF) através de medições gráficas, sendo utilizada para avaliar o bem-estar fetal, sendo uma das técnicas de diagnóstico utilizadas mais comuns para avaliar o bem-estar materno e fetal durante a gravidez e antes do parto.

Karabulut e Ibrikli [9] definem a cardiotocografia como uma das técnicas mais amplamente utilizadas no registo de alterações da frequência cardíaca fetal (FCF) e das contrações uterinas.

O objetivo deste trabalho é gerar um modelo de classificação para as CTG, recorrendo à ferramenta *Rapid Miner*, e avaliar o seu desempenho.

II. TRABALHO RELACIONADO

Sundar *et al.* [5] referiram que ao observar os padrões de rastreamento das cardiotocografias (CTG), os médicos poderiam perceber o estado do feto e que há várias técnicas

baseadas em programação computadorizada e em processamento de dados para interpretar o conjunto de dados típico das cardiocorografias. Estes autores analisaram o desempenho do algoritmo *Naive Bayes* baseado na sua adequação para classificar os dados das CTG, usando *Precision*, *Recall* e *F-Score* como métricas de avaliação.

Sundar *et al.* [7] referiram que décadas após a introdução da cardiocorografia (CTG) na prática clínica, a capacidade preditiva dos métodos existentes continua imprecisa. No trabalho desenvolvido em [7], os autores demonstraram que um sistema de classificação baseado no modelo de dados das CTG, recorrendo ao uso de *artificial neural network* (ANN), podia classificar melhor os dados das CTG comparativamente à maioria dos outros métodos. O resultado obtido apresentou melhores modelos de classificação pois consideraram as discrepâncias nos dados, eliminando-as da fase de treino do processo de classificação, tendo recorrido a *Precision*, *Recall*, *F-Score* e *Índice Rand* como métricas de avaliação do desempenho obtido. Como resultado conseguiram melhorar consideravelmente o desempenho na classificação do padrão normal, suspeito e patológico das CTG, em que o classificador foi capaz de identificar a condição em causa com muito boa precisão relativamente aos métodos normais. Para isso, Sundar *et al.* [7], avaliaram o desempenho de quatro métodos em relação a três métricas diferentes. O desempenho dos modelos de classificação baseados em rede neural, RBF e SVM foram comparados com modelos de BL-BPN, em que o classificador baseado no BL-BPN proposto, foi capaz de identificar corretamente o estado, a partir da natureza dos dados das CTG com uma precisão muito boa. De notar que o desempenho do BL-BPN foi quase o dobro do desempenho dos outros três métodos de comparação.

Sundar *et al.* [6] mencionam que no trabalho anterior de Sundar *et al.* [5], ficou demonstrado que um sistema de classificação baseado no modelo de dados das CTG, recorrendo ao uso de “*artificial neural network*” (ANN), classificou melhor os dados das CTG comparativamente à maioria dos outros métodos. No entanto, acrescentaram que o desempenho do classificador ANN poderia ser limitado devido à presença de possíveis valores extremos nos dados de treino, sendo que estes valores afetam o treino da rede neural, bem como os testes efetuados. No trabalho desenvolvido por Sundar *et al.* [6], foram consideradas os dados discrepantes, tendo estes sido eliminados da fase de treino do processo de classificação. As métricas usadas para avaliar o desempenho também foram *Precision*, *Recall*, *F-Score* e *Índice Rand*. Referem os autores que o classificador foi capaz de identificar a condição de normal, suspeito ou patológico com muito boa precisão, inclusive, melhor que os métodos normais.

Karabulut e Ibrikci [9] afirmaram que avaliar as cardiocorografias é crucial, pois leva à identificação de fetos que sofrem de falta de oxigênio (hipoxia), tendo os autores realizado um estudo com uma abordagem baseada em computador para analisar cardiocorogramas, incluindo recursos de diagnóstico para distinguir um feto cuja condição tenha sido considerada patológica. Para tal, analisaram os resultados de um conjunto de árvores de decisão e de outros

algoritmos *machine learning*. Karabulut e Ibrikci [9] apresentaram resultados promissores das suas experiências, relacionados com a análise do algoritmo de árvore de decisão – *AdaBoost*, com 2.020 das 2.126 amostras com resultados perfeitamente previstos.

Chitradevi *et al.* [8] implementaram um modelo baseado em sistemas de classificação de dados das cardiocorografias (CTG), usando *artificial neural network* (ANN), e usando *Precision*, *Recall*, *F-Score* e *Índice Rand* como métrica para avaliar o desempenho. Estes autores verificaram que o classificador baseado em ANN foi capaz de identificar o estado normal, suspeito e patológico, a partir da natureza dos dados das CTG, com uma precisão muito boa.

Huang e Hsu [10] dizem que a cardiocorografia (CTG) é a técnica mais utilizada para monitorizar a saúde do feto e da frequência cardíaca fetal, sendo um importante fator para identificar ocorrências de sofrimento fetal, tendo os autores elaborado um estudo recorrendo a *discriminant analysis* (DA), *decision tree* (DT), e *artificial neural network* (ANN) para avaliar o sofrimento fetal. Os resultados obtidos mostraram que as precisões de DA, DT e ANN foram respetivamente de 82,1%, 86,36% e de 97,78%.

III. ABORDAGEM METODOLÓGICA – CRISP-DM

A execução do trabalho segue a metodologia *Cross Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM), sendo esta uma metodologia apresentada como um processo transversal em *Data Mining* (DM), tendo a sua primeira especificação sido concebida em 1999, conforme referem em Pete *et al.*, em [11]. Segundo Niaksu em [12], que cita (Azevedo e Santos, 2008 e Chapman, *et al.*, 2000), CRISP-DM é uma metodologia generalista, independentemente da indústria, de tecnologia neutra, e por norma, o padrão a usar em *Data Mining* (DM).

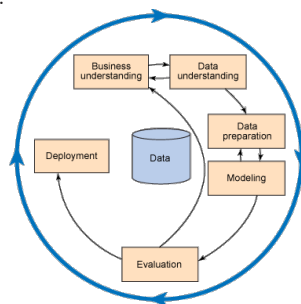


Figura 1 - Metodologia CRISP-DM. Fonte: www.ibm.com (2016)

Ainda de acordo com este autor, segundo uma pesquisa *online*, conduzida pelos *KDNuggets* da comunidade internacional de DM em 2014, esta metodologia é a mais referenciada e usada em prática de DM, sendo uma metodologia informal, uma vez que não fornece a estrutura rígida nem métricas de avaliação, mas fornecendo, no entanto, o conjunto de ferramentas mais completo até à data para os profissionais de DM, e define fases, tarefas, atividades e resultados dessas tarefas. De referir, que dado o contexto

acadêmico em que se insere o trabalho, a última das fases (*deployment*), representada na Figura 1, não foi realizada.

A. Business understanding.



Para Niaksu em [12], a fase preliminar da metodologia CRISP-DM destaca a compreensão dos objetivos do projeto de análise de dados e da conversão dos requisitos, a partir da perspectiva da área do assunto em foco, sendo nesta fase determinado o plano inicial de cumprimento de metas, e a definição dos critérios de sucesso do projeto.

A compreensão do negócio envolve então, tal como representado acima, o estudo e a definição dos objetivos do negócio, uma análise à situação atual da organização e por fim a elaboração de um plano de projeto apropriado ao tema. Como o problema em estudo é relacionado com a análise dos resultados de cardiocografias, para aferir acerca da condição e vitalidade de um feto na fase pré-parto, o objetivo concentra-se na obtenção de dados sobre os fetos, de forma a propiciar uma previsão relativa ao seu estado, traduzido por “normal”, “suspeito” ou “patológico” no *output* de resposta.

B. Data understanding



Segundo Niaksu em [12], a fase de estudo dos dados começa com a recolha dos dados iniciais e o acesso ao conjunto de dados, devendo ser identificados os problemas de qualidade dos dados e criados os pressupostos iniciais acerca de quais os conjuntos de dados que podem ter interesse para novas medidas.

O *Data Set* em estudo é proveniente da seguinte fonte [13]. Contém na totalidade 2126 registos, tendo cada registo 23 atributos, descritos na Tabela I. Estes valores são relativos a cardiocografias fetais, classificadas por três obstetras especializados.

TABELA I - ATRIBUTOS DO DATA SET

LB	FHR baseline (beats per minute)
AC	# of accelerations per second
FM	# of fetal movements per second
UC	# of uterine contractions per second
DL	# of light decelerations per second
DS	# of severe decelerations per second

DP	# of prolonged decelerations per second
ASTV	Percentage of time with abnormal short term variability
MSTV	Mean value of short term variability
ALTV	Percentage of time with abnormal long term variability
MLTV	Mean value of long term variability
Width	Width of FHR histogram
Min	Minimum of FHR histogram
Max	Maximum of FHR histogram
Nmax	# of histogram peaks
Nzeros	# of histogram zeros
Mode	Histogram mode
Mean	Histogram mean
Median	Histogram median
Variance	Histogram variance
Tendency	Histogram tendency
CLASS	FHR pattern class code (1 -10)
NSP	fetal state class code (N=normal; S=suspect; P=pathologic)

O *Data Set* encontra-se também classificado em duas dimensões. O primeiro diz respeito a um padrão morfológico na *label* “Class” que pode assumir valores descritos na Tabela II.

TABELA II - CLASSIFICAÇÃO MORFOLÓGICA

Class	Descrição
1	calm sleep
2	REM sleep
3	calm vigilance
4	active vigilance
5	shift pattern (A or Susp with shifts)
6	accelerative/decelerative pattern (stress situation)
7	decelerative pattern (vagal stimulation)
8	largely decelerative pattern
9	flat-sinusoidal pattern (pathological state)
10	suspect pattern

O segundo é relativo ao estado do bebé - *label* “NSP”, em três estados possíveis, nomeadamente: N = *Normal*; S = *Suspect*; P = *Pathologic*. Uma vez que este *Data Set* não apresenta quaisquer valores omissos, considerou-se aprovada a qualidade dos dados para dar início ao trabalho de investigação.

C. Data preparation.



Para Niaksu em [12], a fase de preparação dos dados abrange todas as atividades necessárias à preparação do conjunto de dados final. As atividades desta fase dependem fortemente das características e da qualidade dos dados originais. Algumas das tarefas características da preparação de dados envolvem a seleção de tabelas, atributos e registros, assim como a transformação e limpeza dos dados, se necessário. Neste estudo pretende-se obter a classificação do estado do bebê, pelo que a classificação morfológica foi desconsiderada.

Para uma leitura mais fácil dos resultados obtidos na ferramenta *Rapid Miner* efetuou-se a substituição dos valores na label "NSP" pela respetiva descrição (1-> *Normal*; 2-> *Suspect*; 3-> *Pathologic*). Após estas transformações importou-se o conjunto de dados para o repositório local de dados da ferramenta, o que permitiu de imediato uma breve análise estatística, como apresentado na TABELA III e na TABELA IV.

TABELA III - ESTATÍSTICAS DOS ATRIBUTOS

Atributo	Tipo	Mínimo	Máximo	Média	Desvio
LB	Integer	106,00	160,00	133,30	9,84
AC	Numeric	0,00	0,02	0,00	0,00
FM	Numeric	0,00	0,48	0,01	0,05
UC	Numeric	0,00	0,01	0,00	0,00
DL	Numeric	0,00	0,02	0,00	0,00
DS	Integer	0,00	0,00	0,00	0,00
DP	Numeric	0,00	0,01	0,00	0,00
ASTV	Integer	12,00	87,00	46,99	17,19
MSTV	Numeric	0,20	7,00	1,33	0,88
ALTV	Integer	0,00	91,00	9,85	18,40
MLTV	Numeric	0,00	50,70	8,19	5,63
Width	Integer	3,00	180,00	70,45	38,96
Min	Integer	50,00	159,00	93,58	29,56
Max	Integer	122,00	238,00	164,03	17,94
Nmax	Integer	0,00	18,00	4,07	2,95
Nzeros	Integer	0,00	10,00	0,32	0,71
Mode	Integer	60,00	187,00	137,45	16,38
Mean	Integer	73,00	182,00	134,61	15,59
Median	Integer	77,00	186,00	138,09	14,47
Variance	Integer	0,00	269,00	18,81	28,98
Tendency	Integer	-1,00	1,00	0,32	0,61

TABELA IV - DISTRIBUIÇÃO DA VARIÁVEL LABEL "NSP"

Valor	Ocorrências	Fração
Normal	1655	78%
Suspect	295	14%
Pathologic	176	8%

D. Modeling



Niaksu em [12], refere que na fase de modelação, é feita uma seleção apropriada de técnicas de modelação, algoritmos, ou combinações dos mesmos. Em seguida, são escolhidos os valores ideais dos parâmetros do algoritmo. Geralmente, para a mesma tarefa, existem alguns métodos de modelação possíveis, sendo que alguns dos métodos específicos têm restrições de qualidade de dados ou tipos de dados. Consequentemente, esta etapa é geralmente executada de forma iterativa até que sejam atingidos os critérios de qualidade do modelo escolhido. O modelo de qualidade é então formalmente avaliado. A fim de avaliar a qualidade do modelo, existem métricas utilizadas que são populares em *Data Mining* (DM), como a sensibilidade, a precisão, a especificidade e as curvas *Receiver Operating Characteristic* (ROC).

Foi elaborado o processo do *software Rapid Miner*, com as etapas necessárias à construção/avaliação de um modelo de DM para a classificação pretendida. O processo inicia-se com a leitura dos dados anteriormente importados para o repositório local do *Rapid Miner*, passando de seguida para a tarefa "*X-Validation*". Este operador realiza uma avaliação cruzada do modelo, procedendo ao particionamento do *Data set* em *k subsets*, reservando um destes para teste do modelo, enquanto os restantes são utilizados para treino do mesmo. O processo de validação é então repetido *k* vezes, com cada um dos *subsets* utilizados uma vez como dados de teste, sendo então devolvido um valor médio calculado a partir do resultado de cada um dos testes. Foram então construídos modelos com todos os algoritmos de *Data Mining* que a ferramenta dispõe, considerados adequados ao tipo de variável que se pretende classificar (polinomial). Assim, foram contruídos modelos com base nos seguintes algoritmos: *Decision Tree*; *K-NN*; *Naive Bayes*; *Random Forest*; *Rule Induction*; *Neural Net*; *AutoMLP*; *SVM*; *LDA*.

E. Evaluation



TABELA VI – MATRIZES DE CONFUSÃO DOS ALGORITMOS

Decision Tree	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	176	30	9	81.86%
Pred. Normal	117	1607	18	92.25%
Pred. Pathol.	2	18	149	88.17%
Class recall	59.66%	97.10%	84.66%	
K-NN	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	191	63	17	70.48%
Pred. Normal	93	1584	13	93.73%
Pred. Pathol.	11	8	146	88.48%
Class recall	64.75%	95.71%	82.95%	
Naive Bayes	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	251	214	57	48.08%
Pred. Normal	32	1374	8	97.17%
Pred. Pathol.	12	67	111	58.42%
Class recall	85.08%	83.02%	63.07%	
Random Forest	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class Precision
Pred. Suspect	23	2	5	76.67%
Pred. Normal	271	1651	96	81.81%
Pred. Pathol.	1	2	75	96.15%
Class recall	7.80%	99.76%	42.61%	
Rule Induction	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	197	26	18	81.74%
Pred. Normal	95	1622	42	92.21%
Pred. Pathol.	3	7	116	92.06%
Class recall	66.78%	98.01%	65.91%	
Neural Net	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	224	58	16	75.17%
Pred. Normal	57	1590	8	96.07%
Pred. Pathol.	14	7	152	87.86%
Class recall	75.93%	96.07%	86.36%	
AutoMLP	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	206	42	22	76.30%
Pred. Normal	77	1605	8	94.97%
Pred. Pathol.	12	8	146	87.95%
Class recall	69.83%	96.98%	82.95%	
SVM	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	171	46	26	70.37%
Pred. Normal	121	1597	17	92.05%
Pred. Pathol.	3	12	133	89.86%
Class recall	57.97%	96.50%	75.57%	
LDA	True Suspect	True Normal	True Pathologic	Class precision
Pred. Suspect	86	25	33	59.72%
Pred. Normal	206	1628	53	86.27%
Pred. Pathol.	3	2	90	94.74%
Class recall	29.15%	98.37%	51.14%	

A Tabela VII apresenta as métricas acuidade e indicador *Kappa* de cada um dos modelos testados.

TABELA VII - RESULTADOS DOS TESTES

Teste	Algoritmo	Precisão	Kappa
1	Decision Tree	90.88% +/- 1.81%	0.732 +/- 0.057
2	K-NN	90.36% +/- 1.32%	0.730 +/- 0.036
3	Naive Bayes	81.66% +/- 3.00%	0.585 +/- 0.055
4	Random Forest	82.27% +/- 2.30%	0.298 +/- 0.130
5	Rule Induction	91.02% +/- 1.07%	0.732 +/- 0.033
6	Neural Net	92.47% +/- 1.57%	0.796 +/- 0.042

Relativamente à fase de avaliação Niaksu em [12], refere que aqui já há um ou vários modelos de alta qualidade tecnicamente formados, e que antes da implantação final do modelo, é essencial avaliar cuidadosamente o processo, avaliando as etapas do modelo de construção, e certificando-se que os objetivos do negócio são adequadamente alcançados. O resultado final desta fase é escolher se os resultados do *Data Mining* podem ser usados em configurações práticas.

Assim, após a obtenção dos modelos na fase anterior, torna-se necessário avaliar a qualidade desses modelos e o seu alinhamento face aos objetivos do negócio. Os operadores apresentados são utilizados para avaliação da *performance* do modelo. Aplicando o modelo gerado ao conjunto de dados para teste, ignorando a classificação original atribuída no *Data Set*, passando de seguida a informação para o operador "*Performance*", que devolve a acuidade do modelo e os resultados da classificação na forma de uma matriz de confusão. Esta matriz cruza a classificação do modelo com a classificação original aplicando-lhe as métricas indicadas na TABELA V:

TABELA V - MÉTRICAS A CONSIDERAR

Métrica	Fórmula
Acuidade/Precisão (Modelo)	$accuracy = \frac{TP_{Model} + TN}{n}$
Precisão (Classe)	$class\ precision = \frac{TP_{Class}}{TP_{Class} + FN_{Class}}$
Especificidade (Classe)	$class\ recall = \frac{TN_{Class}}{TN_{Class} + FP}$
KAPPA	$Kappa = \frac{(Observed\ Agreement - Expected\ Agreement)}{(1 - Expected\ Agreement)}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $Observed\ Agreement = \frac{(a + d)}{N}$ $Expected\ Agreement = \frac{(Expected\ a + Expected\ d)}{N}$ </div>

O *Kappa* é uma medida estatística que testa a concordância usada em escalas nominais, fornecendo uma ideia do quanto as observações se afastam daquelas esperadas, fruto do acaso, indicando-nos assim o grau de legitimidade das interpretações, como referido por Viera e Garret, em [14]. Já segundo referido por Niaksu em [12], a sensibilidade consiste nos resultados positivos devidamente classificados como tal no conjunto de resultados. A precisão representa a percentagem de objetos adequadamente classificados. Já a especificidade apresenta os resultados, não pertencentes à classe, corretamente classificados como tal. A relação entre a sensibilidade e a especificidade pode ser avaliada com a ajuda das curvas *Receiver Operating Characteristic* (ROC), em modelos com variável *target* binominal.

IV. DISCUSSÃO E RESULTADOS OBTIDOS

A seguir são apresentados os resultados dos vários testes efetuados. A Tabela VI resume as matrizes de confusão obtidas pelos diferentes algoritmos testados:

Teste	Algoritmo	Precisão	Kappa
7	AutoMLP	92.05% +/- 1.51%	0.777 +/- 0.044
8	SVM	89.42% +/- 2.17%	0.689 +/- 0.076
9	LDA	84.86% +/- 3.17%	0.463 +/- 0.198

Pode verificar-se que todos os modelos revelaram uma acuidade global superior a 80%. Pode apurar-se ainda que a medida *Kappa* acompanha, em quase todos os casos, o valor de precisão do modelo, o que lhes confere maior credibilidade. O modelo do teste 6 (com o algoritmo *Neural Net*) é aquele que apresenta maior precisão (92.47% +/- 1.57%). Apresenta igualmente o maior valor para o *Kappa* (0.796 +/- 0.042), que, de acordo com o referido por Viera e Garret em [14], se encontra classificado na escala [0.61–0.80: *Substantial agreement*], muito próximo do nível mais elevado da mesma escala (0.81–0.99 *Almost perfect agreement*). Os modelos dos testes número 7 e 5 apresentam também valores muito satisfatórios, registando diferenças de acuidade muito pouco significativas (Tabela VIII).

TABELA VIII - OS TRÊS MODELOS COM MELHORES RESULTADOS

Teste	Algoritmo	Precisão	Kappa
6	Neural Net	92.47% +/- 1.57%	0.796 +/- 0.042
7	AutoMLP	92.05% +/- 1.51%	0.777 +/- 0.044
5	Rule Induction	91.02% +/- 1.07%	0.732 +/- 0.033

Comparando o teste deste trabalho com melhor resultado, com os trabalhos relacionados que recorrem ao mesmo teste (Tabela IX), podemos verificar que em termos de precisão, para a classe *Normal*, obtivemos um resultado inferior em apenas 0,0056 pontos percentuais, relativamente aos trabalhos com melhores resultados. Para a classe *Pathological* a diferença é mais significativa, registando-se nos 0,092 pontos percentuais. No entanto, o nosso modelo apresenta o melhor desempenho na classificação da classe *Suspect*.

TABELA IX - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS

Artigo relacionado	Classe		
	Normal	Suspicious	Pathological
[6]	0,9663	0,5897	0,9706
[8]	0,9663	0,5897	0,9706
Trabalho presente	0,9607	0,7517	0,8786
[7]	0,9345	0,7110	0,9021

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Sendo a Cardiocografia um exame que, através de um registo contínuo da frequência cardíaca do feto e das contrações uterinas da mãe, permite uma monitorização do estado do feto e da vitalidade fetal. Com a realização deste trabalho, foram obtidos modelos muito satisfatórios para a classificação de cardiocografias. Sendo de notar uma melhoria na classificação da classe suspeita de patologia em comparação com os trabalhos relacionados estudados. Para trabalho futuro seria desejável dispôr de um *Data Set* mais equilibrado, que apresentasse valores mais aproximados de número de exames classificados em cada uma das dimensões.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelos projetos estratégicos Centro ALGORITMI (PEst-C/EEI/UI0319/2015) e LIACC (PEst-OE/EEI/UI0027/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] S. Rhöse, A. Heinis, F. Vandenbussche, J. Drongelen, and J. Van Dillen, "Inter- and intra-observer agreement of non-reassuring cardiocography analysis and subsequent clinical management," *Acta Obstet. Gynecol. Scand.*, vol. 93, no. 6, pp. 596–602, 2014.
- [2] D. Campos, C. Spong, and E. Chandraran, "FIGO consensus guidelines on intrapartum fetal monitoring: Cardiocography," *Int. J. Gynecol. Obstet.*, vol. 131, no. 1, pp. 13–24, 2015.
- [3] G. Bogdanovic, A. Babovic, M. Rizvanovic, D. Ljuca, G. Grgic, and J. DjuranovicMilicic, "Cardiocography in the Prognosis of Perinatal Outcome," *Med. Arch.*, vol. 68, no. 2, p. 102, 2014.
- [4] P. Oian and E. Blix, "Scarce scientific evidence for the use of cardiocography plus fetal ECG ST interval analysis (STAN)," *Acta Obstet. Gynecol. Scand.*, vol. 93, no. 6, p. 570, 2014.
- [5] C. Sundar, M. Chitradevi, and G. Geetharamani, "An analysis on the performance of Naive Bayes probabilistic model based classifier for cardiocogram data classification," *Int. J. Comput. Sci. Appl.*, vol. 3, no. February, 2013.
- [6] C. Sundar, M. Chitradevi, and G. Geetharamani, "An overview of research challenges for classification of cardiocogram data," *J. Comput. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 198–206, 2013.
- [7] C. Sundar, C. Muthusamy, and G. Gopal, "An Outlier Based Bi-Level Neural Network Classification System for Improved Class. of Cardiocogram Data," *Life Sci. J.*, vol. 10, no. 1, 2013.
- [8] M. Chitradevi and G. Geetharamani, "Classification of Cardiocogram Data using Neural Network based Machine Learning Technique," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 47, no. 14, pp. 19–25, 2012.
- [9] E. Karabulut and T. Ibricci, "Analysis of Cardiocogram Data for Fetal Distress Determination by Decision Tree Based Adaptive Boosting Approach," *J. Comput. Commun.*, vol. 2, no. 09, p. 32, 2014.
- [10] M. Huang and Y. Hsu, "Fetal distress prediction using discriminant analysis, decision tree, and artificial neural network," 2012.
- [11] C. Pete, C. Julian, K. Randy, K. Thomas, R. Thomas, S. Colin, and R. Wirth, "Crisp-Dm 1.0," *Cris. Consort.*, p. 76, 2000.
- [12] O. Niakšu, "CRISP Data Mining Methodology Extension for Medical Domain," *Balt. J. Mod. Comput.*, vol. 3, no. 2, pp. 92–109, 2015.
- [13] UCI Machine Learning Repository, Available at: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Cardiocography>, Jan 2015.
- [14] A. J. Viera and J. M. Garrett, "Understanding interobserver agreement: The kappa statistic," *Fam. Med.*, vol. 37, no. 5, pp. 360–363, 2005.

Uma Abordagem de Senha Gráfica para Controlo de Acessos na Web

An Approach Password Graphic for Access Control Web

Nelso P. C. Ventura
Instituto Politécnico de Beja
Beja, Portugal
nelso.ventura@gmail.com

Luís Carlos Bruno
Instituto Politécnico de Beja
LabSI2
Beja, Portugal
lbruno@ipbeja.pt

Resumo - Este artigo descreve a investigação de uma abordagem inovadora de um modelo de senha gráfica que suporta a autenticação segura em sistemas Web e que pretende solucionar o problema do espião de ombro. Para tal, desenvolveu-se um novo modelo de senha gráfica, baseada na imagem da página Web, que o utilizador tem aberta no momento em que efetua o seu registo de utilizador, e sobre a qual são desenhados traços, com dimensões, direções, e seqüências, à sua escolha. Num estudo exploratório com participantes, que simularam ser espiões de ombro, verificou-se que mais dificilmente se percebe quando um utilizador se autentica, usando uma senha gráfica, do que utilizado uma senha alfanumérica. O modelo de senha gráfica proposto foi desenhado iterativamente e centrado no utilizador. Para validar a sua segurança e usabilidade, foram feitos vários testes com participantes. Nesses estudos, pretendeu-se perceber o grau de eficácia e de memorização que este modelo de senha gráfica inovador proporciona aos utilizadores em ambiente Web. Os resultados obtidos mostraram que se obteve uma solução segura e usável, com potencial para ser usado em alternativa à senha alfanumérica, por forma a evitar o risco do espião de ombro.

Palavras Chave - *Senhas Gráficas; Senhas Alfanuméricas; Memorização; Vulnerabilidades; Segurança; Autenticação na Web*

Abstract — This article describes the research of an innovative approach to innovative graphical password model that supports secure authentication in Web systems and wants to solve the shoulder spy problem. To this end, we developed a graphical password model based on two elements: a Web page image that the user has opened in the moment of its enrolment, and strokes drawn with dimensions, directions, and sequences of user choice's. In an exploratory study with participants to validate shoulder spies perceptions, it was found that are more difficult when a user is logging in using a graphical password, than when using an alphanumeric password. The model was designed iteratively and user-centered. To validate its safety and usability, they were made several tests with participants. In these studies, we tried to understand the degree of effectiveness and memorization provided by this password graphical model to users in Web authentication. The results

showed that we got a usable and secure solution with potential to be used as an alternative to alphanumeric password, against the shoulder spy in Web authentication.

Keywords - *Graphical passwords; Alphanumeric passwords; memorization; vulnerabilities; Security; Web Authentication*

1 INTRODUÇÃO

Os métodos de autenticação para o acesso a sistemas informáticos e de comunicações são normalmente baseados no identificador do utilizador e numa senha alfanumérica. Esta é baseada numa seqüência de letras, números, e outros caracteres, daí terem a designação de alfanumérica.

Este tipo de senha tem a desvantagem de motivar o utilizador a gerar senhas fáceis de descobrir [1]. Por outro lado, se forem geradas automaticamente, tornam-se difíceis de relembrar. Desta forma, ele tende a escrever a senha em locais acessíveis a outras pessoas, o que pode causar problemas de segurança. Por outro lado, a introdução deste tipo de senha pode estimular um espião de ombro a espreitar as ações que o utilizador efetua com o teclado e/ou rato. Um outro modelo alternativo é o da senha gráfica, que explora a memória visual do utilizador. Já existem alguns exemplos comerciais, como são o caso do padrão Android Unlock [2], ou do Windows 10 [3].

Após uma análise do estado da arte, da área das senhas gráficas, identificaram-se alguns problemas em aberto, como por exemplo, o número de imagens a utilizar, a carga gerada na rede, a atividade nos servidores e as questões de segurança. Identificou-se um problema de segurança comum aos estudos analisados e que é independente da qualidade da senha: a obtenção indevida da senha por um espião de ombro que observa o utilizador a introduzir os seus caracteres através de um teclado físico ou de ecrã.

Para que isso não aconteça, será importante que o espião de ombro não tenha indícios de que o utilizador está a executar uma operação de autenticação. Neste estudo, colocámos a hipótese de que a senha gráfica possa mascarar

melhor a tarefa de autenticação do espião de ombro, do que a senha alfanumérica. Esta hipótese foi validada por um estudo exploratório com participantes que simularam ser espíões de ombro em páginas Web. Assim, arguimos que as senhas gráficas podem ser uma proposta alternativa efetiva às senhas alfanuméricas, sem prejuízo de critérios de usabilidade e de segurança [4] exigidas para sistemas de controlo de acessos.

Na sequência deste resultado, definiu-se um modelo de senha gráfica, desenvolvida iterativamente, centrada no utilizador, e baseada num conjunto de regras. A senha gráfica proposta é suportada numa imagem de fundo, gerada automaticamente a partir de uma página do sítio Web, e sobre a qual é feita a autenticação. A imagem funciona como um contendor de objetos, constituído por imagens, caracteres, palavras, frases e letras, que suporta o desenho dos elementos que constituem a senha gráfica.

Após terem sido desenvolvidos vários testes com participantes, definiu-se um modelo de senha gráfica constituído pelo desenho de seis traços, com tamanho, direção e sequência à escolha do utilizador. Participaram nos testes um leque abrangente e heterogéneo de utilizadores, que garantiram representatividade do público-alvo deste tipo de tarefas. Os resultados obtidos mostraram que se obteve um modelo final de senha gráfica com potencial para ser usado em alternativa à senha alfanumérica, assegurando eficácia, facilidade de utilização e de memorização ao utilizador, e com a vantagem de oferecer uma maior segurança contra o espião de ombro.

Na secção “Estado da Arte”, são apresentadas e discutidos os principais trabalhos na área das senhas gráficas, e de alguns de outros tópicos que lhe estão relacionados. Na secção “Análise do Problema”, apresenta-se um estudo exploratório, que mostra o potencial da senha gráfica para combater a ameaça do espião de ombro. Na secção “Desenho de modelo de senha gráfica para a Web”, são relatadas as várias versões do modelo da senha gráfica que foram desenvolvidas, suportados em testes com participantes. Na secção “Conclusões e Trabalho Futuro”, sintetizam-se os principais resultados obtidos, e os próximos passos nesta investigação.

2 ESTADO DA ARTE

Durante a década de 1960, as primeiras senhas alfanuméricas foram introduzidas, como uma solução para resolver as questões de segurança em acesso a sistemas multiutilizador.

As senhas alfanuméricas são simplesmente uma sequência de letras, caracteres e algarismos, que, quando combinadas, podem criar uma senha segura. Após vários estudos [5] [6], chegou-se à conclusão de que deve haver um certo conjunto de características na construção de uma senha alfanumérica segura. Esta deve conter pelo menos oito caracteres; não ter dados relacionados com o utilizador (por exemplo, o nome, sobrenome ou a data de nascimento), não ser uma palavra que pode ser facilmente encontrada num dicionário, e possuir uma combinação de letras

maiúsculas e minúsculas, caracteres especiais e números. Um estudo anterior [7] demonstra que mais de 80 % dos utilizadores já acederam sem autorização, a informação privilegiada, assim como já foram vítimas do espião do ombro no local de trabalho, usando senhas alfanuméricas. Neste sentido, algumas técnicas baseadas em reconhecimento foram concebidas para resistir a este tipo de ataque [8] [9]. Com o aumento exponencial dos sistemas em rede, tem sido pertinente estudar outros tipos de senhas, como é o caso da senha gráfica.

Vários modelos de senha gráfica têm sido propostos. Algumas técnicas de criação de senhas gráficas, têm sido desenvolvidas com o objetivo de facilitar a utilização de senhas gráficas em vez das alfanuméricas [10] [11] [12] [13] [14]. As senhas gráficas baseadas em reconhecimento tendem a ser suficientemente pequenas e fáceis para que seja possível o utilizador memorizar e lembrar. E é mais difícil realizar um ataque de força bruta, contra senhas gráficas do que contra senhas baseadas em texto. Para algumas senhas gráficas baseadas em recordação humana [10] [15], é possível usar um ataque de dicionário, mas quando automatizado é muito mais complexo e demorado que um ataque de dicionário baseado em texto.

Alguns dos modelos desenvolvidos de senhas gráficas foram baseados em técnicas de visualização, recorrendo a funções Hash [16], e outros suportaram autenticação em técnicas de pergunta/resposta com imagens aleatórias [17]. Estes modelos revelaram pontos fracos, no armazenamento seguro do caminho das imagens, permitindo o ataque por dicionário e na lentidão do sistema por via do carregamento de imagens. O reconhecimento de imagens baseado num vasto conjunto hipóteses [18], mostraram também algumas fragilidades na memorização dessa informação, que desmotiva o utilizador a usar essa técnica. A técnica de autenticação utilizada no sistema Passface [19], mostrou anomalias de utilização, porque a maioria dos utilizadores tendem a escolher os rostos de pessoas com atributos parecidos, tornando-o previsível nas escolhas. Este problema pode ser atenuado através da atribuição aleatória de rostos, mas isso, mais uma vez, tornaria difícil a sua utilização porque se perde o padrão de memorização. As técnicas de autenticação são vulneráveis ao espião de ombro. Tome-se como exemplos, os casos da inserção do PIN numa caixa multibanco, ou num terminal POS. A técnica do espião do ombro também pode ser feita à distância, utilizando dispositivos que permitem melhorar a visão, como por exemplos as câmaras de vigilância. Existem estudos sobre o tema [20] que pretendem colmatar este problema com a senha gráfica. A utilização de imagens ou objetos pré-selecionados pelo utilizador é uma proposta interessante para reforçar a memorização, mas com a sua continuada utilização, o espião do ombro tende a perceber que está em presença de um processo de autenticação. A vulnerabilidade do espião do ombro continuou a ser estudada, e novos sistemas são propostos. Histórias ou cenas com imagens para criar as senhas são estudadas [9], mas os utilizadores continuam a ter vários problemas de memorização, reconhecimento e identificação, o que torna

os sistemas lentos e vulneráveis. Para colmatar estas limitações foram criados dicionários gráficos [10] [21], foram definidos parâmetros do comprimento de senhas gráficas, e imagens em grelhas Cognometric Scheme [22] [23]. Uma das abordagens mais interessantes definiu que o utilizador devia escolher como referência um mínimo de objetos propostos ou seja pequenos pontos da imagem, a considerar na senha gráfica [24]. Vários estudos com utilizadores mostraram que existem características comuns no desenho da senha gráfica, o que a torna vulnerável. A técnica desenvolvida no Passdoodle [11] consiste na criação da senha gráfica com o recurso a um desenho de objetos com uma caneta sobre um ecrã sensível ao toque, onde se pode concluir que os utilizadores foram capazes de recordar as imagens assim como recordam as senhas alfanuméricas. Os estudos com utilizadores também mostraram que as pessoas tendencialmente têm dificuldades em se lembrar da ordem pela qual desenharam a sua senha. Clicar em vários locais de uma imagem com alguma tolerância [25], pode ser uma hipótese que permite ajudar o utilizador a recuperar a senha, tornando este método mais conveniente do que a recordação. O estudo desenvolvido no Passlogix [26], no qual o utilizador clica em vários pontos de uma imagem, numa sequência correta, oferece-lhe uma margem de erro para cada item, com o objetivo de o ajudar na sua autenticação. Uma técnica similar foi desenvolvida pela Microsoft [27], onde a senha [28] do utilizador é composta por três pontos sobre uma imagem, numa ordem específica. Esta técnica já está a ser utilizada no Windows 10 [27] [23]. Embora tenha vulnerabilidades de segurança [29], é considerado um sistema divertido de ser usado. Por fim, e não menos interessante, estudou-se o sistema PassPoint [35] [30], baseado no método de diferenciação proposto em [15], e que é uma evolução das senhas gráficas [25], permitindo a utilização de imagens escolhidas livremente pelo utilizador, podendo clicar em qualquer ponto da imagem, sem estar restringido a áreas pré-definidas. Este sistema permite uma margem de tolerância de erro em pixel relativa a cada ponto escolhido, bem como requer a validação na sequência correta [31]. O Passpoint melhora vulnerabilidades de ataque por força bruta e do espião do ombro, suportados no tempo de autenticação cronometrado [22]. No entanto, foram identificadas algumas dificuldades da sua memorização e utilização.

Salvaguardando poucas exceções [8] [9] [32], [33], existem dificuldades em capturar a senha gráfica por aplicações spyware, que tentem detetar as ações do teclado e do rato. Para que a senha seja capturada é necessário que o sistema tenha informação de contexto, como sejam, a posição e o tamanho da janela, e tempo permitido para a autenticação. O ataque por engenharia social, ação que explora as falhas de segurança por manipulação do utilizador [34], pode ser um risco inferior quando suportado numa senha gráfica, porque essa informação verbal é menos rigorosa quando transmitida a outrem. No geral, acredita-se que é muito mais difícil descobrir a senha gráfica usando os métodos tradicionais, do que a senha alfanumérica.

Esta análise do estado da arte inspirou este trabalho para o desenvolvimento de um modelo de senha gráfica que evite o risco do ataque por espião de ombro, que seja fácil de utilizar, assegurando níveis corretos de eficácia e de memorização ao utilizador, e reduzindo ao máximo a troca de informação entre o cliente e o servidor, no contexto Web.

3 ANÁLISE DO PROBLEMA

A autenticação de utilizadores em sítios e aplicações na Web é muito comum para restringir o seu acesso somente aos utilizadores que têm permissões para usar os seus recursos.

Uma página de autenticação comum na Web, é facilmente reconhecida por um observador externo, através da observação de duas caixas de texto, associadas a um botão de validação. Uma das caixas permite introduzir o nome do utilizador, e a outra permite inserir uma senha alfanumérica, com caracteres normalmente mascarados. Isto leva a que um espião de ombro perceba facilmente que operação o utilizador está a realizar, motivando-o a tentar decifrar os dados de autenticação, através da observação das ações com o teclado e da informação presente no ecrã. Sítios de *homebanking*, de *webmail* e de redes sociais, que normalmente mantêm sempre a mesma estrutura e aparência nos controlos da autenticação alfanumérica, chamam mais a atenção aos espiões do ombro. Como alternativa às senhas alfanuméricas, existem as senhas gráficas, que também têm algumas vulnerabilidades de segurança e alguns problemas de utilização. Normalmente, o utilizador tende a usar registos muito comuns sobre as imagens da senha gráfica, como por exemplo, os olhos, a boca, e o nariz, nas faces humanas. Isto gera vulnerabilidades que podem ser exploradas por decifradores de senhas. Alguns sistemas usam uma grande quantidade de imagens aleatórias, que tornam os sistemas lentos na transmissão desses dados para o lado do cliente, o que perturba a utilização e a memorização do utilizador. Estes problemas de usabilidade, desmotivam o utilizador a utilizar esse tipo de método de senhas gráficas.

A. TESTE EXPLORATÓRIO DO ESPIÃO DE OMBRO

No início desta investigação desenvolveu-se um estudo inicial que pretendeu aferir qual é o nível de perceção que uma pessoa comum, tem sobre a realização da tarefa de autenticação em dois cenários distintos. Um deles usa o sistema clássico, suportado numa senha alfanumérica. O outro é suportado numa senha gráfica. Pretendeu-se simular a tarefa do espião de ombro, interrogando-se cada participante sobre qual era a ação que ele estava a visualizar para cada um dos dois cenários. Participaram no estudo quarenta e nove participantes, em dois momentos diferentes. Eles observaram a utilização de duas diferentes páginas Web (ver Figura 1 e a Figura 2) numa tela de projeção. Cada uma dessas duas páginas foi controlada pelo moderador do estudo, que executou diferentes operações de manipulação do cursor do rato e do teclado, para ilustrar os dois cenários

de autenticação. No final da observação de cada uma das páginas Web, cada participante foi inquirido para identificar que tipo de ações/tarefas é que o moderador tinha efetuado.

Na Figura 1 é representada a página que simula o cenário de uma autenticação baseada numa senha gráfica. Na Figura 2 é ilustrado o cenário da autenticação baseada numa senha alfanumérica, tal como a presença das duas caixas de autenticação indicia ao utilizador.



Figura 1 – Página Web que simula a autenticação com senha gráfica

Na sequência da inquirição feita aos participantes, verificou-se para o caso da simulação do cenário da senha gráfica, que nenhum dos quarenta e nove indivíduos percecionou que o utilizador estava a fazer uma operação de autenticação. Por outro lado, a maioria deles (76%) responderam que o utilizador estava simplesmente a navegar na internet. Relativamente à simulação do uso da senha alfanumérica, vinte e cinco (51%) dos sujeitos responderam que o utilizador estava a realizar uma tarefa de autenticação.



Figura 2 – Página Web que simula a autenticação da senha alfanumérica

Os resultados mostrados na Figura 3 mostram que não é claro para um espião do ombro, que o utilizador esteja a efetuar uma operação de autenticação, se ele não recorrer ao padrão comum da autenticação baseado na senha alfanumérica. Por outro lado, usando esta técnica, é evidente, para a maioria dos espíões de ombro, que o utilizador está a efetuar uma operação de autenticação.

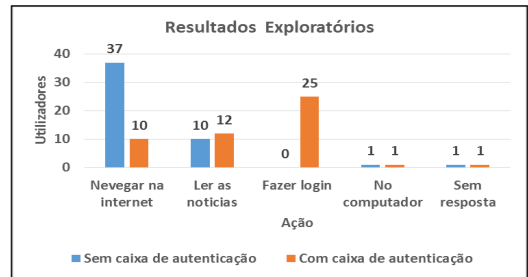


Figura 3 – Resultados do inquérito da simulação do espião de ombro nos cenários da senha gráfica e alfanumérica

Estas conclusões levaram à convicção de que o uso da senha gráfica pode despistar os espíões de ombro, quando o utilizador está a realizar a tarefa de autenticação na Web. Esta questão motivou este trabalho a tentar encontrar um modelo de senha gráfica, alternativa à senha alfanumérica, no contexto da Web, e que seja segura e usável para o utilizador.

4 DESENHO DE MODELO DE SENHA GRÁFICA PARA A WEB

Para desenvolver um modelo de senha gráfica adaptada aos requisitos definidos previamente, foram inicialmente definidos vários princípios orientadores do seu desenho. A primeira proposta de modelo de senha gráfica, foi baseada nas decisões de desenho seguintes:

- A senha gráfica tem como base uma imagem, obtida a partir de uma página desse sítio Web, no momento em que for feito o seu registo;
- Sobre essa imagem podem ser desenhados oito objetos geométricos com as características seguintes: segmentos de reta, polígonos e círculos, numa sequência definida livremente pelo utilizador.

A escolha de oito objetos para construir a senha, baseou-se na lógica da utilização do mesmo número de oito caracteres, que é usado nas senhas alfanuméricas.

Para validar os princípios do desenho enunciados anteriormente, foi feito um teste com utilizadores que pretendia verificar qual o grau de acerto e de memorização das senhas gráficas por eles registadas anteriormente.

Usando a aplicação de desenho MSPainttm, catorze participantes do teste criaram oito objetos (polígonos, segmentos de reta, ou círculos) sobre a imagem de uma página Web, na sequência e nas posições pretendidas, conforme é mostrado na Figura 4. Foi-lhes pedido que memorizassem essas ações, para as tentarem reproduzir, passadas seis horas, com a mesma sequência e o mesmo posicionamento dos objetos sobre a imagem.



Figura 4 – Exemplo de registo de objetos gráficos sobre imagem de página Web

Com base na observação e no registo das suas ações, verificou-se que a esmagadora maioria dos participantes teve grandes dificuldades em reproduzir os mesmos objetos sobre imagem base, e com a mesma sequência, conforme os resultados expressos na Figura 5.

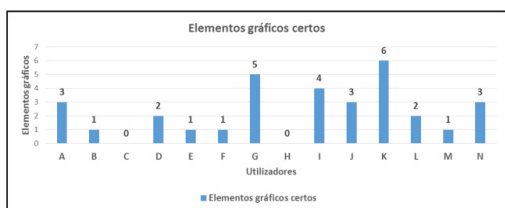


Figura 5 – Resultados dos testes sobre a primeira versão do modelo de senha gráfica

Verificou-se que nenhum dos sujeitos conseguiu reproduzir na totalidade os oito objetos registados (o máximo de acertos foi de seis objetos), e na maioria deles, oito em catorze (57%), teve dois ou menos acertos.

Este teste demonstrou que a primeira versão de modelo proposto apresentou vários problemas de usabilidade, assentes em dificuldades na memorização da geometria dos objetos, no seu posicionamento e na sequência em que são registados. Isto motivou o desenvolvimento de um modelo redesenhado da senha gráfica, que melhor se pudesse adequar aos seus utilizadores.

A. Redesenho e avaliação da senha gráfica

Na sequência da análise dos resultados obtidos na primeira versão de senha gráfica, decidiu-se redesenhar o seu modelo, alterando alguns dos seus princípios do desenho.

Para reduzir a complexidade da geometria dos objetos usados (polígonos, segmentos de reta, ou círculos), decidiu-se usar somente segmentos de reta, em virtude de serem descritos somente por duas coordenadas, por cada ponto extremo, o que requer menos capacidade de memorização. Por esta última razão, o número de objetos desenhados foi também reduzido de oito elementos gráficos para seis.

Manteve-se o conceito da imagem de fundo que permite que, diferentes utilizadores, registem diferentes imagens na sua conta de utilizador do sistema.



Figura 6 – Desenho dos segmentos de recta sobre a imagem

Na sequência do redesenho efetuado, foram feitos testes com utilizadores para avaliar a usabilidade desta nova versão de senha gráfica. Pretendeu-se com estes testes avaliar a memorização da informação respeitante aos registos dos segmentos de retas, para períodos de média (6h), e de mais longa duração (72h). A informação que os participantes memorizam corresponde às posições dos seus dois pontos extremos, definidos no sistema de coordenadas bidimensionais da imagem em causa.

Três testes foram realizados em tempos diferentes. O primeiro teste (teste 1) teve vinte e sete participantes. O segundo teste (teste 2) teve vinte e oito participantes (vinte e sete foram comuns com o teste anterior), e o terceiro teste teve os mesmos vinte e oito participantes. Inicialmente, folhês proposto registarem à sua escolha, seis segmentos de reta, com tamanhos e com direções, sobre uma imagem predefinida, retirada de um jornal eletrónico, conforme é exibido na Figura 6. Esta tarefa foi suportada na utilização do programa MSPaint™.

No teste 1, os participantes não foram informados de que deveriam memorizar as posições dos traços registados previamente. No entanto, passados seis horas, foi-lhes solicitado que reproduzissem os mesmos seis segmentos de reta sobre a mesma imagem.

Na Figura 7, é possível verificar que a maioria dos participantes (59%), correspondentes a dezasseis em vinte e sete, não conseguiu reproduzir corretamente nenhum dos segmentos de reta, e que somente quatro utilizadores reproduziram corretamente os seis segmentos de reta.



Figura 7 - Respostas certas sem conhecimento do teste

A esmagadora maioria dos utilizadores teve muita dificuldade em lembrar-se do padrão dos elementos gráficos registados 6h antes. Isto mostrou que se não houver uma motivação forte para reter este tipo de informação visual, então os utilizadores têm dificuldades em a reproduzir posteriormente.

No teste 2, foi solicitado aos participantes que registassem os seis segmentos de reta sobre a mesma imagem do teste anterior, mas, desta vez, foram informados de que deviam memorizar as posições dos segmentos de reta. Passadas 6h, os participantes foram convocados para tentar reproduzir os segmentos de reta desenhados previamente.

Na Figura 8, é possível verificar que 64,3% (dezoito em vinte e oito) dos participantes acertou os seis segmentos de reta, e que 78,2% (vinte e dois em vinte e oito) acertaram em quatro ou mais segmentos de reta.

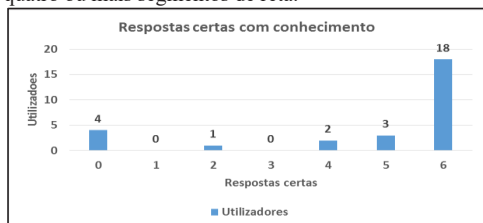


Figura 8 – Respostas certas com conhecimento dos objectivos do teste

Estes resultados são bastante positivos, e mostram que quando a maioria das pessoas são motivadas para memorizar esta informação visual, conseguem posteriormente recuperá-la de forma eficaz.

Como os participantes foram informados dos objetivos do teste, então eles tentaram memorizar as posições e os tamanhos dos segmentos de reta desenhados, de uma forma muito mais consistente do que no caso do teste 1. Os resultados positivos apresentados deveram-se, provavelmente, ao facto de os participantes terem criado os seus próprios padrões no desenho dos traços sobre a imagem, o que lhes permitiu uma memorização mais eficaz. Isto permite concluir que este modelo de senha gráfica para a Web tem potencial para ser viável na utilização em mecanismos de autenticação.

No teste 3, os participantes tentaram reproduzir, sobre a mesma imagem, os seis segmentos de reta, que tinham registado 72 horas antes. Neste caso, pretendeu-se aferir o nível de memorização dos participantes num período de mais longa duração.

Como se pode analisar na Figura 9, 67,9% (dezanove em vinte e oito) dos participantes acertaram a posição dos seis segmentos de retas. Mas, por outro lado, quatro utilizadores (14,2%) não acertaram em qualquer um dos segmentos de reta. Isto pode indicar que haverá um leque de pessoas, que poderá ter dificuldades na memorização deste tipo de informação gráfica. Isto pode motivar encontrar novas soluções, que podem passar por disponibilizar pistas visuais

nas imagens de fundo da senha, que ajudem estes tipos de utilizadores a melhor memorizar os traços registados.



Figura 9 – Resultados do teste de memória de longa duração

Estes resultados permitem concluir que os elementos usados neste modelo de senha gráfica (seis segmentos de reta), podem oferecer aos seus utilizadores, uma reprodução eficaz dos traços registados previamente, indiciando que este modelo explora todo o potencial da memória visual. Os resultados mostram que não existe uma diferença significativa na eficácia da reprodução de todos os traços após o seu registo, para um período de 6h (64,3%), e de 72h (67,9%). Verificou-se também que houve uma evolução nos resultados dos utilizadores (entre o primeiro e terceiro teste). Isto indicia que quanto maior for a frequência de utilização do sistema, mais fácil de usar e mais eficaz ele se torna para os seus utilizadores. Os resultados anteriores mostram que este modelo de senha gráfica, tem potencial para ser usado em mecanismos de autenticação na Web.

5 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A senha alfanumérica pode ser descoberta com alguma facilidade, por um espião de ombro, porque ele pode perceber facilmente que um utilizador está a realizar uma tarefa de autenticação, com base no padrão comum de interface gráfica que é usada para esse efeito. Esta evidência foi validada num teste exploratório, realizada no âmbito desta investigação, com quarenta e nove participantes, que simularam ser espiões de ombro. No caso em que um utilizador simulou o uso de uma senha gráfica sobre uma imagem, nenhum desses participantes suspeitou que ele estava a fazer uma tarefa de autenticação.

Estas conclusões levaram à convicção de que o uso de senhas gráficas pode despistar os espiões de ombro, quando o utilizador está a realizar as tarefas de autenticação. Esta questão motivou este trabalho a tentar encontrar um novo modelo de senha gráfica, no contexto dos sítios e aplicações Web, que assegurasse segurança e que fosse usável para o seu utilizador, constituindo-se uma proposta alternativa para substituir a senha alfanumérica.

Para desenhar esse modelo de senha gráfica sobre a Web, foram desenvolvidas várias versões iterativas, baseadas num conjunto de elementos orientadores: (i) uma imagem de fundo, gerada automaticamente a partir de uma página, do sítio Web em causa, (ii) e o desenho de um determinado número de objetos gráficos sobre a referida imagem.

Na primeira versão de desenho da senha gráfica, podiam ser desenhados oito objetos gráficos, de três tipos distintos: segmentos de reta, polígonos e círculos. O teste com

participantes demonstrou que esse modelo provocou ao utilizador algumas dificuldades de memorização, relativas à geometria dos objetos, ao seu posicionamento e à sua sequência. Para reduzir esses problemas, decidiu-se que o utilizador só pode usar seis segmentos de reta, validados através das coordenadas dos seus pontos extremos.

Sobre esta última versão do modelo da senha, foram efetuados três testes com participantes. No primeiro teste, os participantes tentaram reproduzir a senha gráfica, passados seis horas após o seu registo. Pelo facto de não terem sido avisados para a sua reprodução, a esmagadora maioria teve muita dificuldade em lembrar-se da posição e do tamanho dos traços registados.

No segundo teste, um outro grupo de participantes já foi informado durante o registo da senha gráfica, de que deveria memorizá-la e reproduzi-la 6h depois. A eficácia na reprodução dos seis traços, foi muito superior ao teste anterior, o que mostrou que a memorização aumenta quando o utilizador é motivado para a tarefa.

O terceiro teste, semelhante ao anterior, solicitou a reprodução da senha gráfica, 72h após o seu registo. Os resultados permitiram concluir que este modelo de senha gráfica ofereceu no geral, uma reprodução eficaz dos traços registados. É importante referir que os resultados mostram que não existe uma diferença significativa na eficácia na reprodução dos traços, em períodos de tempo de média duração (6h), e de mais longa duração (72h), após o seu registo. Verificou-se também que houve uma evolução nos resultados dos utilizadores (entre o primeiro e terceiro teste). Isto indicia que quanto mais os participantes utilizarem o sistema, maior é o seu desempenho. Todos estes argumentos anteriores mostram que este modelo de senha gráfica tem potencial para ser usado em mecanismos de autenticação Web.

Através de um inquérito aplicado aos participantes, percebeu-se quais foram as principais pistas visuais que eles usaram sobre a imagem de fundo. Esta funciona como mnemónica que permite reconhecer melhor a posição e o tamanho dos traços registados previamente.

Já está em implementação um mecanismo de autenticação que usa este modelo de senha gráfica. Pretende-se confrontá-lo com o método tradicional que é suportado numa senha alfanumérica.

Na sequência desse trabalho, está-se a tentar descobrir qual é a tolerância do erro (em pixel), entre os traços que os utilizadores registam e a sua reprodução no processo de autenticação, por forma a assegurar a maior eficácia possível, sem comprometimento da segurança do sistema. Para tal, estão a ser tidos em conta a inclinação e as coordenadas das posições extremas dos segmentos de reta. Estão igualmente a ser desenhados testes com utilizadores para se descobrir a diferença de desempenho do utilizador, entre o modelo de senha alfanumérica tradicional e o deste modelo proposto de senha gráfica.

6 REFERÊNCIAS

[1] Dinei Florencio and Cormac Herley. 2007. A large-scale study of web password habits. In Proceedings of the 16th international conference

on World Wide Web (WWW '07). ACM, New York, NY, USA, 657-666.

- [2] 12 best Android lock screen apps and widgets to reinvent your phone , "https://www.androidpit.com/best-android-lock-screen-apps", acessado pela ultima vez em Janeiro de 2015.
- [3] Microsoft Personalize you PC <http://windows.microsoft.com/en-US/windows-8/picture-passwords?woldogcb=0>, acessado pela ultima vez em Janeiro de 2015.
- [4] Robert Biddle, Sonia Chiasson, and P.C. Van Oorschot. 2012. Graphical passwords: Learning from the first twelve years. *ACM Comput. Surv.* 44, 4, Article 19 (September 2012), 41 pages.
- [5] Segurança de senhas alfanuméricas "http://web.mit.edu/rhel-doc/4/RH-DOCS/rhel-sg-pt_br-4/s1-wstation-pass.html" , acessado pela ultima vez em Janeiro de 2015.
- [6] Senhas Alfanuméricas Fortes "http://windows.microsoft.com/pt-BR/windows-vista/Tips-for-creating-a-strong-password" , acessado pela ultima vez em Janeiro de 2014.
- [7] Secure, Visual Data Security White Paper - Brian Honan, BH Consulting July 2012.
- [8] D. Hong, S. Man, B. Hawes, and M. Mathews, "A Password scheme strongly resistant to spyware," in Proceedings of International conference on security and management. Las Vegas, NV, 2004.
- [9] S. Man, D. Hong, and M. Mathews, "A shouldersurfing resistant graphical password scheme," in Proceedings of International conference on security and management. Las Vegas, NV, 2003.
- [10] I. Jermyn, A. Mayer, F. Monrose, M. K. Reiter, and A. D. Rubin, "The Design and Analysis of Graphical Password," in Proceedings of the 8th USENIX Security Symposium, 1999.
- [11] J. Goldberg, J. Hagman, and V. Sazawal, "Doodling Our Way to Better Authentication," presented at Proceedings of Human Factors in Computing Systems (CHI), Minneapolis, Minnesota, USA., 2002.
- [12] A. F. Syukri, E. Okamoto, and M. Mambo, "A User Identification System Using Signature Written with Mouse," in Third Australasian Conference on Information Security and Privacy (ACISP): Springer-Verlag Lecture Notes in Computer Science (1438), 1998, pp. 403-441.
- [13] J.-C. Birget, D. Hong, and N. Memon, "Robust discretization, with an application to graphical password" , 2005
- [14] Xiaoyuan Suo; Ying Zhu; Owen, G.S., "Graphical passwords: a survey," *Computer Security Applications Conference, 21st Annual* , vol., no., pp.10 pp.472, 5-9 Dec. 2005 doi: 10.1109/CSAC.2005.27
- [15] J.-C. Birget, D. Hong, and N. Memon, "Robust discretization, with an application to graphical Password," *Cryptology ePrint archive* 2003.
- [16] A. Perrig and D. Song, "Hash Visualization: A New Technique to Improve Real-World Security," in Proceedings of the 1999 International Workshop on Cryptographic Techniques and E-Commerce, 1999.
- [17] Rachna Dhamija and Adrian Perrig. 2000. Déjà Vu: a user study using images for authentication. In Proceedings of the 9th conference on USENIX Security Symposium - Volume 9(SSYM'00), Vol. 9. USENIX Association, Berkeley, CA, USA, 4-4.
- [18] D. Weinshall and S. Kirkpatrick, "Senhas You'll Never Forget, but Can't Recall," in Proceedings of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI). Vienna, Austria: ACM, 2004, pp. 1399-1402.
- [19] D. Davis, F. Monrose, and M. K. Reiter, "On user choice in graphical password schemes," in Proceedings of the 13th Usenix Security Symposium. San Diego, CA, 2004.
- [20] L. Sobrado and J.-C. Birget, "Graphical passwords," *The Rutgers Scholar, An Electronic Bulletin for Undergraduate Research*, vol. 4, 2002.
- [21] J. Thorpe and P. C. v. Oorschot, "Graphical Dictionaries and the Memorable Space of Graphical Password," in Proceedings of the 13th USENIX Security Symposium. San Deigo, USA: USENIX, 2004.
- [22] X.Y. Liu, J.H. Qiu., L.C. Ma., H.C. Gao., etc., "A Novel Cued-recall Graphical Password Scheme", In sixth International Conference on Image and Graphics (ICIG), 2011.

- [23] Eluard, M.; Maetz, Y.; Alessio, D.; , "Action-based graphical password: Click-a-Secret", 2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2011, pp.
- [24] D. Nali and J. Thorpe, "Analyzing User Choice in Graphical Password," Technical Report, School of Information Technology and Engineering, University of Ottawa, Canada May 27 2004.
- [25] G. E. Blonder, "Graphical Password," in Lucent Technologies, Inc., Murray Hill, NJ, U. S. Patent, Ed. United States, 1996.
- [26] Passlogix, "www.passlogix.com" acessido pela ultima vez em Setembro de 2013.
- [27] "Signing in with a picture password" , in Building Windows 8 in the MSDN Blogs, <http://blogs.msdn.com/b/b8/archive/2011/12/16/signing-in-with-a-picture-password.aspx> , acessido pela ultima vez em Junho de 2015.
- [28] L. D. Paulson, "Taking a Graphical Approach to the Password," Computer, vol. 35, pp. 19, 2002.
- [29] 22nd USENIX Security Symposium. August 14–16, 2013 • Washington, D.C., USA ISBN 978-1-931971-03-4 graphical password," Cryptology ePrint archive 2003.
- [30] S. Wiedenbeck, J. Waters, J. C. Birget, A. Brodskiy, and N. Memon, "PassPoints: Design and longitudinal evaluation of a graphical password system," International Journal of Human Computer Studies, to appear.
- [31] P. C. van Oorschot, A. Salehi-Abari and J. Thorpe. "Purely Automated Attacks on PassPoints-Style Graphical Passwords". IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 2010.
- [32] R Padmavathy, Chakravarthy Bhagvati. "A Small Subgroup Attack for Recovering Ephemeral Keys in Chang and Chang Password Key Exchange Protocol". Journal of Computers, vol.6, no.4, 2011.
- [33] Zuowen Tan. "An Authentication and Key Agreement Scheme with Key Confirmation and Privacy-preservation for Multi-server Environments", Journal of Computers, vol.6, no.11, 2011.
- [34] Engenharia Social "http://pt.wikipedia.org/wiki/Engenharia_social" acessido pela ultima vez em Janeiro de 2015.
- [35] S. Wiedenbeck, J. Waters, J. C. Birget, A. Brodskiy, and N. Memon, "Authentication using graphical Password: Basic results," in Human-Computer Interaction International (HCII 2005). Las Vegas, NV, 2005.

Information system to promote reading literacy – *Letrinhas*

Célio Gonçalo Marques^{1,2}, António Manso², Pedro Dias²

¹Centre for Public Policy and Administration (CAPP)

²Information and Communication Technologies Department

Instituto Politécnico de Tomar

Tomar, Portugal

celiomarques@ipt.pt, manso@ipt.pt, pedrodias@ipt.pt

Ana Paula Ferreira, Felisbela Morgado

School Library

Agrupamento de Escolas Artur Gonçalves

Torres Novas, Portugal

anaferreira@esagtn.com, felisbelamorgado@esagtn.com

Abstract — The acquisition of reading skills is decisive for the academic achievement of elementary school students. However, unlike other domains of human development, learning to read is a complex process. With this in mind, several attempts have been made to find new educational strategies to foster students reading motivation. That is the context in which *Letrinhas* appears.

Considering the enormous potential of information and communication technologies for education and training, particularly mobile devices, we have developed a digital repository of teaching and learning materials and a multiplatform application that runs on mobile devices. This information system is designed to promote learning and the development of reading in students of the first and second cycles of elementary education and provide teachers with tools for monitoring and assessing reading skills against the curricular targets set by the Ministry of Education. This is no doubt a basic need that is not being met by the applications currently available in the market. The performance of *Letrinhas* was evaluated by specialists and users in a pilot group and a high level of satisfaction was observed among students and teachers as time and effort spent to consolidate reading is considerably reduced with this application.

Keywords - *Letrinhas*; reading; m-learning; curricular targets; information system.

I. INTRODUCTION

Research literature on reading shows that there is a close relationship between students' reading proficiency and their academic performance and, therefore, it is of the utmost importance that reading plans should be made to identify and intervene effectively with students at risk of developing reading difficulties [1] [2] [3].

The acquisition of reading skills is therefore critical because it affects the ability to learn in all areas of the curriculum and is crucial to the students' academic performance. "The command of written language increases our communication potential and is simultaneously the great facilitator of learning as well as of the development of individual interests and the cognitive capacity of the subject/reader" (p.2013)[4].

Learning to read in the early stages of education is a complex task that is determinant for the development of fluent readers. Given its difficulty, for a significant number of students the initial process of learning to read is slow and time

consuming, often triggering frustration and low self-esteem [5]. This is the reason why several authors [6] [7] argue that research in the field of reading should focus on three aspects:

- (1) early identification;
- (2) prevention;
- (3) re-education;

Research studies show that the sooner the learning problems are identified, the bigger the success rate will be and therefore reading plans should be implemented in the first two years of schooling [8].

For this reason, it is crucial to identify children at risk of developing reading difficulties and that any system designed to assess reading literacy will be able to classify the students according to their performance level and apply appropriate solutions [5].

In the government guidelines for the teaching of Portuguese in basic education (*Programa e Metas Curriculares de Português do Ensino Básico*), which was enforced in the 2015/2016 school year, reading and writing aim at developing reading fluency (i.e. speed, accuracy and prosody), vocabulary, reading comprehension, gradual text production and comprehension.

It is clear from the curricular targets set by the government that the level of difficulty should increase gradually when it comes to reading. This is true for the reading targets set for the first four years of schooling.

"Read a text with a reasonably appropriate pronunciation and intonation and a speed per minute of at least:

1st grade: 55 words.

2nd grade: 90 words.

3rd grade: 110 words.

4th grade: 125 words" [9].

In this regard, there is an obvious need for resources to validate the results and create the necessary conditions to ensure improved outcomes for students with reading disabilities [5].

This is the context in which the libraries of the Artur Gonçalves cluster of schools (Torres Novas, Portugal), as the

innovative learning centres they are, created the project "Learning and Teaching in School Library Centres" in order to help the students develop the skills that will turn them into knowledgeable and engaged citizens ready to deal with the 21st century challenges, and also to find answers to some specific student problems which were previously identified in class council meetings.

Considered as an "Innovative Ideas Project" by the Rede de Bibliotecas Escolares (Portuguese Network of School Libraries), the project also includes a reading-related feature called "Ginásio de Leituras" (Gym of Reading). In order to create an innovative and adequate solution, the network of school libraries invited the Polytechnic Institute of Tomar (Portugal) to develop a solution based on information technologies that could help address the reading difficulties identified by the teachers. An urgent need since the analysis of students' performance reveals a substantial increase in cases marked with difficulties in learning to read, with a focus on school population in the first and second cycles of basic education.

The Polytechnic Institute of Tomar embraced the challenge with the involvement of faculty members and undergraduate students of the computer engineering degree and developed an information system - *Letrinhas*. This research project started in 2014 and its main objective is the creation of an information system that promotes the development of reading fluency in elementary school students and provides the teachers with tools for monitoring and assessing reading skills.

II. PROMOTING READING THROUGH MOBILE DEVICES

The development and popularity of mobile devices has created enormous challenges and opportunities for education. Through them "we can learn anywhere, anytime and in many different ways. We can learn on our own and in groups, being together physically or remotely connected" (p. 30) [10].

The integration of mobile devices such as cell phones, smartphones or tablets in the process of teaching and learning has resulted in new educational landscapes and a new learning paradigm: the m-learning.

According to Salmon [11], this concept represents the fourth generation of electronic learning environments and an unavoidable part of the future of the teaching and learning process. Wagner [12] also argued that "the value of deploying mobile technologies in the service of learning and teaching seems to be both self-evident and unavoidable" (p. 42).

The use of mobile technologies places the student at the centre of the teaching-learning process and in turn the teacher will be playing the role of the mediator of learning and the organiser of more open and collaborative [10] processes strengthening learning theories related to constructivism and giving rise to new methodologies such as the Flipped Classroom [13] and the PBL – Problem-Based Learning [14].

"The potential of mobile technologies is even greater when it comes to language learning, since it contributes to the development of some or even all the basic skills" [15].

Therefore, we have witnessed the launch of various computer applications to promote reading literacy and learning, with many positive results both in terms of the mother tongue and in terms of foreign languages.

The GraphoGame developed by the University of Jyväskylä in partnership with the Niilo Mäki Institut is one of those applications. Available for PCs and mobile devices with Android operating system, it was developed for children with dyslexia but it can be used by any child with reading disabilities. This educational game makes learning to read easy and fun and, according to studies carried out, it makes the students "significantly better readers on most measures than the children [...] receiving only traditional remedial teaching" (p. 52) [16].

Lan, Sung and Chang [17] developed a learning system based on mobile devices for learning English as a second language and studies show that the "MPAL [mobile-device-supported peer-assisted learning] seemed to reduce anxiety in elementary EFL learners, promote motivation to learn, and enhance oral reading confidence" (p. 142).

Thoermer & Williams [18] argue that "reading instruction that incorporates digital texts can serve to motivate students to want to read and help increase students reading fluency in the classroom today" (p. 441), with a clear preference for mobile devices at the expense of notebooks or desktop computers due to size and portability [19].

We found no Portuguese studies in this area but computer applications have been used for learning to read for some time now in the country. If we look at PlayStore and Apple Store, offering applications for Android and IOS mobile devices respectively, we find that there are some applications to learn how to read Portuguese such as "Aprender a ler" from Blue Compass (iOS) and "ABC em PT" (Android). However, most of these applications are not Portuguese and are limited to basic functionality such as forming words, joining syllables or listening to reading demos.

Despite the success of computer applications to promote the learning of reading, it turns out that Portuguese market offer is very low and does not meet the needs identified by the teachers because in addition to not facilitating the assessment of the reading targets set in the government curricular targets for the teaching of Portuguese in basic education, they do not allow to choose texts according to students individual needs or to monitor their learning.

III. THE LETRINHAS INFORMATION SYSTEM

In order to tackle the problems identified, an information system has been developed which aims mainly at providing educational resources to promote learning and the development of reading skills in elementary school students, especially those with greater disabilities.

In the project specification the following requirements were taken into account:

- Use of mobile devices;

- Operation in offline mode;
- Use of teaching materials chosen or created by teachers;
- Use of open source software.

Mobile devices have come to replace computers in performing various tasks and this trend will remain so because these devices have been gaining greater processing, storage and displaying capacity. We have witnessed a rapid development of these capacities which, together with portability and multimedia, outweigh the traditional PC advantage in performing certain tasks. Portability and multimedia capabilities are very important for teaching and learning and *Letrinhas* explores them to achieve its goal: promoting reading skills.

In functional terms, the offline mode is a fundamental requirement because learning can be made in locations where data are not available or, where they are available, the quality of service does not allow a good online experience. This is an inescapable reality in the school context, where data networks may not be available in all school locations; the information system must therefore be prepared to work properly in offline mode.

The use of open source software has to do with economic factors and the freedom to provide the system to end users without the need for installation of software licenses. The technologies chosen do not have any usage or operation costs, an important factor in the whole project, because thus the lifetime of the solution is higher and not dependent on external stakeholders.

The use of teaching materials selected or created by teachers facilitates the transition to the digital age as these can create materials adjusted to the specific needs of the students or use teaching materials available in the repository which have already proven to work and are adapted to the social and cultural reality of the students. This requirement was implemented through a digital content repository.

Letrinhas consists of three components:

- 1 Digital content repository: server that provides support to the backoffice and to the mobile device application;
- 2 backoffice: set of database management interfaces, including digital repository;
- 3 Application used on mobile devices;

1 - Digital content repository

Several studies [26] [27] show that the use of various elements simultaneously stimulating all the senses promotes learning. Melli [26], based on the work of Clark and Meyer [28], lays down the principle that visual information (text) accompanied by sound (audio) promotes an effective increase in learning by stimulating visual and auditory senses instead of just overloading the visual. Figure 1 shows the Cognitive

Theory of Multimedia Learning extracted from Clark and Meyer [28].

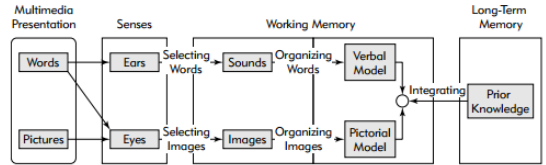


Fig. 1 - Cognitive Theory of Multimedia Learning

Letrinhas makes use of the multimedia capabilities of computer systems to display video, text, images and sound to promote reading.

The digital content repository, Figure 2, allows current educational content used by teachers to be enriched with multimedia resources to promote reading success. Another important feature of the repository is the sharing of educational content among teachers in an effort to improve its quality.

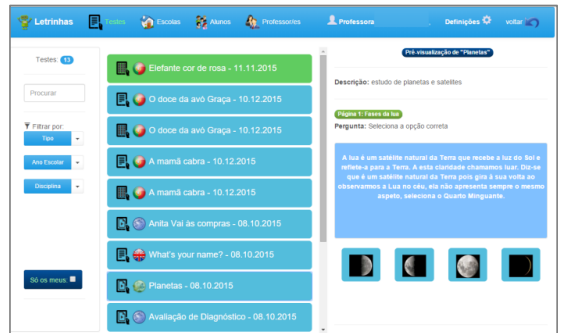


Fig. 2 - The Letrinhas digital repository

The repository enables the conduction of two tests to assess reading fluency:

- 1) *Text reading* – pronunciation, speech fluency, expressivity and number of words read per minute are assessed based on the reading of a full text.
- 2) *Word List* – A group of correlated words enables to assess pronunciation and the number of words read per minute.

These two tests assess the reading skills of students and require the intervention of the teacher for correction. They should not be carried out in a classroom setting, since the students need to be in a quiet environment for an effective recording.

In order to enlarge the scope of application of *Letrinhas*, two more tests have been developed to be used in classroom setting:

- 3) *Comprehension* – students are requested to identify specific words in a text. This test allows to assess other reading-related skills such as text comprehension or grammatical content.

4) *Multimedia* – a set of questions where questions and answers are multimedia elements. Text, pictures and sounds can be used in the questions and text and pictures can be used in the answers. These tests enable students to match sounds, pictures and words.

An advantage of this type of tests is that it comes with a self-correction feature included. When teachers build the question bank, they provide the system with the correct answers which are subsequently used to assess the students answers. This feature enables the tests to be used by a large number of students at a time. In addition, it allows them to practise and self-assess their knowledge without the support of teachers.

The repository is hosted on a server that provides support to the backoffice and to the mobile device application. In addition to host the repository, the server also provides services for managing the data from those involved in learning such as schools, classes, teachers and students; and authentication services to ensure the confidentiality and integrity of the information.

2 - Backoffice

Backoffice is an application that runs on a browser and is designed to maintain the system data.

The digital repository is managed by means of this application and enables teachers to create and update the educational content that is to be presented to students. Since the content will be presented through a mobile device application, the tool provides a rough picture of how the content will appear on the device (Figure 3).

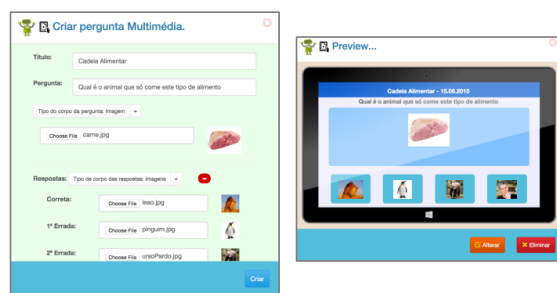


Fig. 3 - Creation of a multimedia question and its layout preview on the mobile application

Sound is essential for learning to read and therefore tests are accompanied by text reading. The use of teacher-created audio recordings enables the students to listen to fluent reading including speed, accuracy and prosody and try to reproduce them.

Figure 4 shows the creation of a grammar test where the teacher can enter the text, record sound and select the right keywords that are requested to students.

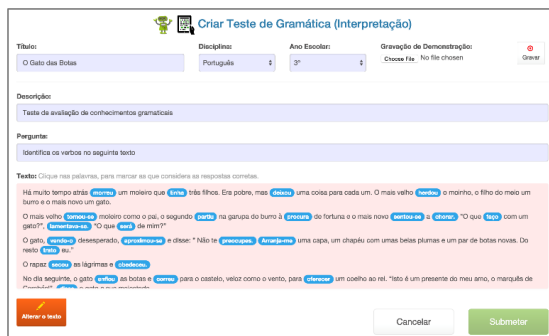


Fig. 4 - Creation of the grammar test

Editing of reading tests using texts and word lists is similar to figure 4.

3 - Application for mobile devices

The students use the application to perform the tests and the teachers to correct them.

Letrinhas includes features that enable to record and reproduce sound of mobile devices to encourage reading. Audio reproduction is synchronised with text so that students may visually accompany reading (figure 5).

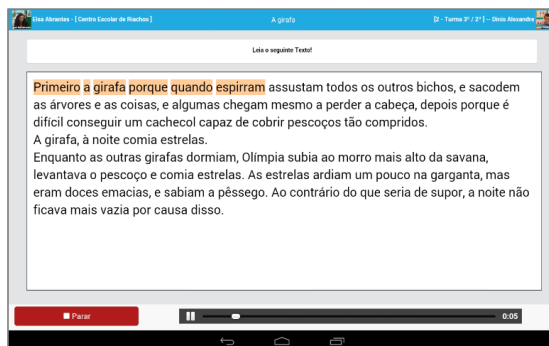


Fig. 5 - Synchronisation of text and audio

During the test, students can record their voice and listen to it as well as repeat the test if they wish so, thus being able to identify and self-correct their reading mistakes.

To assess students' reading fluency, teachers access their audio recordings, which allow an accurate assessment of readings and a better understanding of their difficulties. Figure 6 shows the assessment results of a reading test after correction by the teacher.

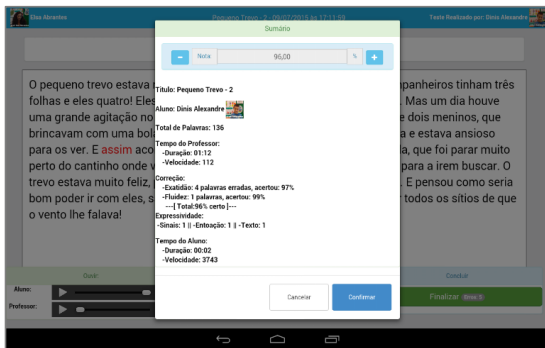


Fig. 6 - Assessment of a student's reading fluency.

Test correction is done on the tablet and the system is designed so as to use touch to select the mispronounced words and identify the mistakes. The system automatically calculates the reading time and the number of words read per minute. All assessment information is saved on databases that will be used by teachers to monitor the students learning progress.

IV. EVALUATION OF THE INFORMATION SYSTEM

The first version of *Letrinhas*, released in the academic year 2014/2015, has been tested by experts in the area and by future users, in order to evaluate its usability. The heuristic evaluation was used as the evaluation method, i.e. experts identified the problems based on the usability principles that it did not comply with. Tests involving users made it possible to identify some errors that were immediately corrected, in addition to some improvements based on the feedback of the users. In this way, there was the concern to create an information system that would meet the specific needs of their future users.

In the current academic year (2015/2016) a pilot study is underway at Centro Escolar dos Riachos, which involves two second-grade classes. The selection of students (6 from each class, in a total of 12) was the sole responsibility of the class teachers, the only selection criterion being that students should have shown reading disabilities at an early stage in their first grade. *Letrinhas* started to be used in the autumn, with students being monitored by a tutoring teacher and one of the researchers, in weekly sessions of a 60-minute duration. In order to evaluate the results in terms of reading fluency, the students took a pre-test in the first session, which made it possible to identify student difficulties and the same test will be used at the end of the school year to assess the progress achieved.

The results of this study will help us to assess the application's potential, not only in terms of learning results with an impact in all areas of the curriculum, but also the level of satisfaction of the students and teachers involved.

Although we don't have the results of this study yet, the evaluation carried out by the researchers and the tutoring teacher is very positive and the importance of *Letrinhas* to improve learning for the students involved was clear from the end-of-term assessment meetings. In fact, according to the teachers involved, it became clear that its use allows to

overcome reading difficulties in a shorter time-span when compared with previous years' data. Students and teachers also demonstrated high satisfaction and enthusiasm with the tool, which indicates that its use may be extended to other levels of schooling in the next school year given its potential, not only in terms of learning results, but also for the motivation it instilled in the students involved.

V. CONCLUSIONS

Learning to read is one of the biggest challenges faced by children at early stages of schooling [20] [1] [22] and the number of students identified with reading disabilities has been increasing [6] [23] [24]. According to Sousa [25], the introduction of curricular targets will place more than 85% of elementary school students far behind the targets set for reading.

To tackle this problem the library network of the Artur Gonçalves cluster of schools created the "Gym of Reading", an initiative involving design, implementation and evaluation of a computer solution to develop fluency in oral reading, a key indicator of reading proficiency.

Given the absence, in the national scene, of a software that could facilitate this work both in terms of assessment and improvement of reading skills, Polytechnic Institute of Tomar and the abovementioned cluster of schools have developed an information system to promote reading literacy among students in the first and second cycles of basic education and assess their performance in compliance with the targets set by the Ministry of Education.

Letrinhas not only facilitates the use of digital educational content created by the teachers but also helps sharing it with the school community through a digital repository. The content is used by students and teachers through a mobile device application that uses multimedia features incorporated in the devices to make the teaching/learning process more interesting and autonomous.

This information system also allows teachers to easily monitor their students' learning progress and to personalise content in order to meet the individual needs of each student.

The content that can be made available on *Letrinhas* is quite varied and comprehensive and can be used in different subjects and for different purposes.

Currently, *Letrinhas* is being used at Centro Escolar dos Riachos as part of a pilot study, with both its functionality and its usability being tested. However, the field notes that have already been collected show a high degree of satisfaction of students and teachers with this tool, as well as its positive impact on learning.

We expect to make the application available for download, free of charge, on mobile devices through Google PlayStore and Apple Store. Initially the digital repository will be available only for the network of technical and vocational training of the Médio Tejo (RFTPMT), which includes about 30 clusters of schools and vocational schools.

Although *Letrinhas* has been created to meet the reading literacy needs of students learning Portuguese, it is being prepared to be used with other languages.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Alexandre Carvalho, Artur Gomes, Cristiana Pereira, Renato Pestana and Tiago Fernandes, undergraduate students of the computer engineering degree from Polytechnic Institute of Tomar for their contribution to the project.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- [1] A. C. Carvalho, *Aprendizagem da leitura: Processos Cognitivos avaliação e intervenção*. Viscu: Psicosoma, 2011.
- [2] J. A. Lopes, *Dificuldades de aprendizagem da leitura e da escrita: Perspetivas de avaliação e intervenção*. Porto: Edições Asa, 2005.
- [3] M. G. M. C. F. Velasquez, (2007). *Percursos Desenvolvimentais de Leitura e Escrita – Estudo longitudinal com alunos do 1.º ciclo do ensino básico*. PhD Thesis. Braga: Universidade do Minho, 2007.
- [4] I. Sim-Sim, *Desenvolver a Linguagem, Aprender a Língua*. In A. Carvalho, A (Org.). *Novas Metodologias Educativas*. Porto: Porto Editora, pp. 197-236, 1995.
- [5] A. M. R. Manso, C. G. C. Marques, P. M. A. Dias, A. P. F. Ferreira, & F. M. F. Morgado, *Letrinhas: promoção da leitura através de dispositivos móveis*, In M. R. Rodrigues, M. L. Nistal, M. Figueiredo (Eds.), *Atas do XVII Simpósio Internacional de Informática Educativa (SIIIE' 2015)* (pp. 116-123). Setúbal: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Setúbal, 2015.
- [6] V. Cruz, *Uma abordagem filogenética e ontogenética à aprendizagem da leitura e escrita*, *Sonhar*, 2, pp. 199-228, 2005.
- [7] S. Shaywitz, *Vencer a dislexia: Como dar resposta às perturbações da leitura em qualquer fase da vida*. Porto: Porto Editora, 2008.
- [8] B. R. Foorman, D. J. Francis, B. A. Shaywitz & J. M. Fletcher, *The case for early reading intervention*. In B. Blachman (Ed.), *Foundations of reading acquisition and dyslexia*. New Jersey: Erlbaum, pp. 243-264, 1997.
- [9] H. Buescu, J. Morais, M. Rocha, & V. Magalhães, *Programa e Metas Curriculares de Português do Ensino Básico*. Lisboa: Ministério da Educação e da Ciência, 2015.
- [10] J. M. Moran, *Tablets e netbooks na educação*. *Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica*. 21ª Edição (pp. 30-35). Campinas: Papyrus, 2013.
- [11] G. Salmon, *E-Moderating: The key to teaching and learning online*. London: Kogan Page, 2000.
- [12] E. D. Wagner, *Enabling Mobile Learning*. *EDUCAUSE Review*, 40 (3), pp. 40-53, 2005.
- [13] M. Hart, *The expanding school day*. *THE Journal*, 39 (3), p. 6, 2012.
- [14] Hung, W., Jonassen, D. H., & Liu, R., *Problem-based learning*. In J. M. Spector, J. G. van Merriënboer, M. D., Merrill, & M. Driscoll (Eds.), *Handbook of research on educational communications and technology*. 3rd ed (pp. 485-506). Mahwah, NJ: Erlbaum, 2008.
- [15] A. Moura, *Apropriação do telemóvel como ferramenta de mediação em mobile learning: estudos de caso em contexto educativo*. PhD Thesis. Braga: Universidade do Minho, 2010.
- [16] U. Richardson, & H. Lyytinen, *The Graphogame Method: the theoretical and methodological background of the technology-enhanced learning environment for learning to read*, *Human Technology*, 10 (1), pp. 39-60, 2014.
- [17] Y.-J. Lan, Y.-T. Sung, & K.-E. Chang, *A mobile-device-supported peer-assisted learning system for collaborative early EFL reading*, *Language Learning & Technology*, 11 (3), pp. 130-151, 2007.
- [18] A. Thoermer & L. Williams, *Using Digital Texts to Promote Fluent Reading*, *The Reading Teacher*, 65 (7), pp. 441-447, 2012.
- [19] L. C. Larson, *A case study exploring the "new literacies" during a fifth-grade electronic reading workshop*. PhD Thesis. Manhattan, Kansas: Kansas State University.
- [20] A. R. S. Morais, *O Desenvolvimento da leitura em função de diferentes métodos*. Masters Dissertation. Lisboa: Instituto Politécnico de Lisboa, 2012.
- [21] A. C. Silva, *Até à descoberta do princípio alfabético*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2003.
- [22] F. Smith, *Compreendendo a leitura: uma análise psicolinguística da leitura e do aprender a ler*. Alegre: Artemed, 2003.
- [23] M. A. Martins. *Pré-história da aprendizagem da leitura*. Lisboa: ISPA, 1996.
- [24] F. L. Viana, & M. M. Teixeira, *Aprender a ler: Da aprendizagem informal à aprendizagem formal*. Porto: Edições Asa, 2002.
- [25] M. Sousa, *Avaliação da fluência da leitura em alunos do 2º ciclo : metas curriculares para a velocidade da leitura*. Masters Dissertation, Universidade de Lisboa, 2014.
- [26] N. Melli, *Ouvir ou ler? Como se aprende mais? Um estudo em Curso Superior de Engenharia*. Matão, São Paulo, 2011.
- [27] S. Moscati, J. Neto, U. Araújo, & G. Marques, *Use of Audio on e-learning*. *International Conference on Information Systems and Technology Management*, São Paulo, 2015.
- [28] R. Clark, & R. Meyer, *Elearning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning*. 2 ed., San Francisco: Pfeiffe, 2008.

Case Based Learning for Therapeutics

Student's performance in Face to Face vs Blended Learning

Ângelo Jesus

Instituto Politécnico do Porto
Escola Superior de Tecnologia da Saúde
Vila Nova de Gaia
Portugal
acj@estsp.ipp.pt

Maria João Gomes

Universidade do Minho
Instituto de Educação
Braga, Portugal
mjgomes@ie.uminho.pt

Agostinho Cruz

Instituto Politécnico do Porto
Escola Superior de Tecnologia da Saúde
Vila Nova de Gaia
Portugal
asc@estsp.ipp.pt

Abstract — The adoption of E-Learning activities by higher education institutions, is considered an important contribution for new learning opportunities, both in terms of initial, as well as lifelong training. In the field of clinical education and training, educators and clinicians are gradually recognizing the potential of ICT for learning purposes, practice and assessment of knowledge. In medicine and nursing, there are extensive examples that illustrate the adaptation of technological components and teaching methods. However, as much as it was possible to ascertain, examples are scarce in Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. In this paper we propose to explore a case based learning approach for the teaching of therapeutics, using blended learning. When in comparison with face to face setting, our results show a significant better performance in the blended learning group.

Keywords - Blended-Learning, Case Based Learning, Therapeutics, Collaboration, Online Assessment.

I. INTRODUCTION

Nowadays, becoming a Pharmaceutical Professional is a huge challenge. The student is required to develop a vast and complex range of intellectual, visual and manual skills, as well as to take into account large amounts of factual information, and practice technical and technological procedures. Apart from traditional texts, lectures and self-guided individual learning, pharmaceutical educators are encouraged to find and implement ways to promote student's high order thinking and collaborative learning and to increase students' motivation [1]. One way of achieving these objectives is to complement traditional learning methods with the development and

implementation of Case Based Learning (CBL), Problem Based Learning (PBL) or Simulation Based Training (SBT), supported in real life situations. The incorporation of real problems in pharmaceutical education is seen as an effort to prepare future health professionals to meet the challenging demands of the profession, in particular, the provision of quality patient care. The foundations of this methods can be traced back to Dewey [2], an early educational philosopher, who suggested that students should be presented with real life problems and then helped to discover the information required to solve them. Furthermore, Dewey encouraged reflection as a process for problem solving. The author recognized that we can "reflect" on a whole host of things in the sense of merely "thinking about" them, however, he argues logical or analytical reflection can take place only when there is a real problem to be solved [3]. Some higher education institutions, as McMaster University, recognized the importance of Dewey's axiom for medical education, and created a curriculum that applied the PBL approach to teach medical students [4]. All methods regarding real problems stand in contrast to a more traditional approach to learning and instruction. They promote learner-centered, small group, interactive learning experiences, instead of large group, didactic, teacher-centered instruction. Professors facilitate or tutor, rather than lecture. A curriculum that presents such problem solving activities tends to trigger interdisciplinary learning opportunities as opposed to curriculum contained in discipline-based texts and presentations [3]. As such, students are free to pursue determined learning issues in contrast to students in more traditional curriculum, who might focus on identifying what

material the professor will include on the exam. After McMaster University innovative techniques were massively divulged, several medical and allied health science programs made changes to their curriculum in order to incorporate one of more aspects of PBL, CBL or similar approaches. A substantial number of articles discuss the implementation of PBL methods into the curriculum, alongside with the necessary measures that were taken to carry out this complex method, namely in Basic Medical Sciences [5], Ophthalmology [6], Public Health [7], Respiratory Therapy [8], Nursing [9][10] and Laboratory Medicine [11]. In the Pharmacy related subjects, studies have been conducted in Pharmacology [6]; Therapeutics [12]; Pharmaceutics [13] and Medicinal Chemistry [14]. In all previous studies, the problem is not confined to one session. Normally, the information is presented to the students in vague details (ill-structured problem) and they are responsible for generating hypotheses, analyze data and propose a future inquiry. The PBL sessions can stretch for time periods equal or greater than one week, and post-session work varies according to the group's interests in pursuing additional issues.

II. CASE BASED LEARNING

Case Based Learning is an educational paradigm closely related to the PBL educational approach. CBL's main traits derived from PBL are that a "case" is used to stimulate and support the acquisition of knowledge, skills, and attitudes. The cases, place events in a context that promotes authentic learning [15]. The fundamental difference is that PBL requires no prior experience or understanding in the subject matter, whereas CBL requires the students to have a degree of prior knowledge.

Cases are generally written as problems that provide the student with a background of a patient or other clinical situation. Supporting information is given, such as latest research articles, vital signs, symptoms, and laboratory results.

CBL allows students to develop a collaborative, team based approach to their education [16], and promotes the consolidation and integration of learning activities [15], [17]. Other benefits may include [15], [18]:

- development of intrinsic and extrinsic motivation;
- encouraging of self-assessment and critical thinking;
- allowing scientific inquiry and the development of support provision for their conclusions;
- integration of knowledge and practice,
- development of learning skills.

The case-based format requires students to recall previously covered material to solve clinical cases, which are based on clinical practice [19]. As such, CBL is more supportive of the learner than PBL, since students in PBL are expected to locate their own resources, whereas CBL generally provide resources in the form of background information to students which helps lower the burden. Information regarding the implementation of Case Based learning in Therapeutics has been a priority in related research [1], [20], [21].

III. BLENDED LEARNING

The proliferation of research on blended learning is verifiable in the number of articles and books published annually. However the definition of a unified concept of blended learning is not always easy, not only because there are multiple perspectives among authors, but also by the linguistic peculiarities of each language. The first references to the term came from the industry (with an emphasis on lifelong learning), but recently, the focus of blended learning has been accentuated at higher education level [22]. In a time where the existing literature on blended learning rested mainly on issues of "how to", oriented to industry and services, authors like Thorne [23] or Bersin [24] presented us definitions of blended learning settings, as classic training programs (instructor-led) supplemented with electronic components (CD-ROM, multimedia technologies, voicemail, email, animations and streaming). We must remind ourselves that at this time, the main audience consisted of managers and entrepreneurs in the industrial and commercial sector, whose objective would be to create more effective, fast and cheaper training programs, for lifelong training of employees. Therefore, minor concern was given to the definition of terms, and more emphasis was given to practical questions of "how can this help your business? How to organize, implement and evaluate a training program of this kind? ". The blended learning was praised as an effective response, and certainly less expensive, to the problems of continuing education in the private sector.

In a more academic perspective, Whitelock & Jelfs [25] suggest three different types of b-learning:

- a) "The combination of traditional learning with web-based online approaches;
- b) The combination of media and tools employed in an e-learning environment;
- c) The combination of a number of pedagogic approaches, irrespective of learning technology use."

In this sequence, Driscoll [26] makes a proposal, with the identification of four concepts:

- a) "Combining or mixing web-based technology to accomplish an educational goal;
- b) Combining pedagogical approaches to produce an optimal learning outcome with or without instructional technology;
- c) Combining any form of instructional technology with face-to-face instructor led training;
- d) Combining instructional technology with actual educational tasks."

In a different perspective, Lencastre [27] deals with b-learning, focusing on the concepts of synchronous and asynchronous. According to the author, synchronous moments occur simultaneously for all stakeholders, that is, all students have virtual access to the same information (whether textual, visual or auditory) at the same time interval, as if they were in a classroom. In contrast, asynchronous moments (forum, email ...), learning happens at different times for each participant, according to the time and availability of each student. Blended

learning will therefore consist in an mixed use of both approaches (synchronous and asynchronous) [27]. Nevertheless, the author safeguards, that synchronous and asynchronous communication should not be distinguished by embedded technologies, but by the goals.

Despite the myriad of definitions, usually blended learning is associated with the integrated, effective and systematic combination of virtual activities (usually supported by a LMS), combined with face to face interaction, in order to take advantage of the benefits provided by synchronous and asynchronous learning situations and contexts[28]–[34]. In this definition, we do not report the "actual time" of virtual activities, but the effective use of pedagogical potential inherent in each of them, emphasizing the need for correct instructional design [21], [22], [33] and safeguarding the potential to support a collaborative learning [35]–[37].

IV. CASE BASED LEARNING FOR THERAPEUTICS

To design the Therapeutics training program we considered educational goals, pedagogical models, student's characteristics, strategies and instructional technologies that best fit the expectations of the teacher, the student and the educational context, enabling greater efficiency of the process as a whole. As for instructional model opted for the MIPO model - integration model by objectives [38]. The term "integration by objectives" reinforces the importance the integration of web technologies in the educational context, supported by the objectives of learning set for the unit and for the course. This approach has the intention to reinforce the importance of learning objectives in the design and implementation of online activities. Blended learning contents were made exclusively with free open access tools and collaboration was motivated by the use of forums and digital portfolios. A detailed explanation of the instruction design, and the strategies for online collaboration and assessment has been discussed previously [16], [21], [39] and an example can be viewed in table 1.

TABLE I. EXAMPLE OF A TOPICS, LEARNING OBJECTIVES AND ASSESSMENTS STRATEGIES FOR THE BLENDED LEARNING APPROACH

Chronic venous insufficiency (Treatment and Prevention)	
Objectives	Assessments Strategies /Technologies used
Recognize the symptoms and signs of patients with chronic venous insufficiency;	Crossword puzzle / Hot Potatoes
Identify risk factors for the development of chronic venous insufficiency	Quiz/Moodle
Structure pharmacologic options available for the treatment of chronic venous insufficiency according to the severity of the disease;	MindMap /MindMeister
Assess the therapy instituted for control of chronic venous insufficiency;	e-portfolio/Wikispaces
Recommend nonpharmacological measures for control of chronic venous insufficiency	e-portfolio/Wikispaces
Build a database of scientific evidence on the effectiveness of venotropic drugs	Zotero Bibliographic Management
Establish a dialogue with the patient in order to transmit all important information	Video/Audio /Windows Movie Maker

V. METHODS

To determine the project's impact on student's performance, we developed a quasi-experimental study[40]–[42], during two academic years. Two different groups of students were part of the experiment. The first group (n=54) was taught face-to-face. The second group was taught in blended learning. Topics, learning objectives and professors were the same in both groups. Both groups had classes over a period of 10 weeks. The blended learning group had 2 face to face sessions. Final scores were used in order to make more objective comparisons. Blended learning contents were made exclusively with free access authoring tools like Xerte[®] (The Xerte Project–Nottingham University), TimeGlider[®] (Mnemograph LLC), VUVOX[®] (VUVOX Network, inc.), Toondoo[®] (Jambav, Inc.) e Prezi[®] (Prezi Inc.). The selection of these tools was based on their usability, the diversity of media and activities allowed to incorporate and the aesthetic aspect of the final result. The articulation of digital content with the learning objectives, teaching strategies and subsequent assessment techniques, deserved a profound attention, so that as a whole it could provide relevant and meaningful learning experience. The tasks associated with each clinical case were prepared for students to engage with all their knowledge, but these should not be sufficient for an immediate resolution because, that way, there would be no need for interaction between colleagues, nor commitment to search and discover new information (see "zone of proximal development" [43]

VI. DATA ANALYSIS AND RESULTS

Student's characteristics were assessed prior to the implementation of the courses. Both groups had a median age of 19 years old, they had never taken an online course before and none of them had prior experience with the topics being covered. Students were allocated in a face to face group (n=54) and a blended learning group (n=56). To verify that the quantitative variables had a normal distribution, we applied the Kolmogorov-Smirnov test (p = 0.578). We continued statistical analysis using Levene's test for homogeneity of variance analysis (p = 0.832). Comparing the values of the Levene test with One Way ANOVA (Table II), it appears that with p <0.05 (p = 0.000), there is at least one difference between the groups. We proceed with the application of the t-student test for independent samples.

TABLE II. RESULTS RELATING TO NORMAL DISTRIBUTION AND HOMOGENEITY OF VARIANCE.

Final Assessment (Exam Scores)	ANOVA				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	19,211	1	19,211	24,039	,000
Within Groups	86,308	108	,799		
Total	105,519	109			

Since $P = 0.000$ (Table III), we can confirm that there are statistically significant differences between the Final Exam Scores from both groups, being that the b-learning group achieved higher scores.

TABLE III. RESULTS FOR T-TEST FOR INDEPENDENT SAMPLES.

Independent Samples Test				
Levene's Test		t-test for Equality of Means		
F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
.045	.832	-4.903	108	.000

VI. DISCUSSION AND CONCLUSION

The existing literature on blended learning for the teaching of pharmacy professionals is not extensive, but can already lead to a comparative analysis with the study developed here. A similar experiment was presented by Crouch [44] on the learning process of cardiovascular pharmacotherapy in a blended learning approach. As in our case, training was established over several weeks, and the evaluation process carried out with online quizzes (8) and a written evaluation. Forty five sessions were scheduled. Students would have to collaborate in the online sessions and make specific presentations in the face-to-face sessions. Analyzing the marks obtained by students in APPE examinations (Advance Pharmacy Practice Experience), it appears that students who chose the blended learning methodology reached higher values. Still regarding health professional's education, but in Respiratory Care, Strickland [45] proposed to analyze the performance of students through their final grade in classroom training and b-learning. Although the performance of students in b-learning was higher, it was not statistically significant. It should be mentioned that this study referred only to a group of 14 students, and is probably one of its biggest limitations. Still with students of Pharmacy and using a case based learning approach, Lapidus and colleagues [46] sought to test the effectiveness of blended learning approach (compared to face to face) in student performance in terms of capacity for drug literature evaluation. With an N of 909, students were divided in three different groups, having no significant differences were found in terms of the final grade of the course. However, we should safeguard that in this case there was no final examination, assessment consisted of a set of papers/presentations, and there were several teachers involved in the different groups of students, which in itself can cause variability in the results. In a similar context, Suda and colleagues [47] aimed to evaluate student pharmacist experience and academic performance in the first offering of a drug information and literature evaluation course utilizing a blended learning approach. Their strategy allowed for an increase in active learning sessions, higher course grades, and improvement in components of the course evaluations. Regarding the effectiveness of the use of b-learning, for the learning process of topics related to Pharmacy [44]–[48] or other health sciences the conclusions are consistent [53]–[55]. In the cited cases, the training was structured according to a pre-defined pedagogical model, and student performance was measured according to the marks obtained in final or quizzes reviews. In all cases the evidence suggests that the blended

learning scheme is effective in teaching future health professionals.

Despite the compelling data obtained from the literature, the main objective of this paper was not to prove the superiority of blended learning in the teaching of therapeutics. Much more important, is to demonstrate that these initiatives can be achieved effectively, following pre-established teaching methods and above all, does not negatively affect student performance, as demonstrated. Moreover, we should not only focus on results and tests scores, but also provide new learning environments and strategies, and to promote the development of new skills to learn and collaborate online, which may be relevant in a networked knowledge society and in a context of lifelong learning. These aspects are important for their formative character, and in our understanding, in itself already justify this study.

REFERENCES

- [1] Â. Jesus, A. Cruz, and M. J. Gomes, "Case Based, Learner Centered Approach to Pharmacotherapy," in *Proceedings from EDULEARN 2011*, Barcelona, 2011, pp. 6074–6080.
- [2] J. Dewey, *Democracy And Education*. New York: Free Press, 1997.
- [3] R. M. Cisneros, J. D. Salisbury-Glennon, and H. M. Anderson-Harper, "Status of Problem-Based Learning Research in Pharmacy Education: A Call for Future Research," *Am. J. Pharm. Educ.*, vol. 66, no. 1, pp. 19–26, 2002.
- [4] V. R. Neufeld and H. S. Barrows, "The 'McMaster Philosophy': an approach to medical education," *J. Med. Educ.*, vol. 49, no. 11, pp. 1040–1050, Nov. 1974.
- [5] Y. T. Wun, E. Y. Y. Tse, T. P. Lam, and C. L. K. Lam, "PBL curriculum improves medical students' participation in small-group tutorials," *Med. Teach.*, vol. 29, no. 6, pp. e198–203, Sep. 2007.
- [6] S. P. Sivam, P. G. Iatridis, and S. Vaughn, "Integration of pharmacology into a problem-based learning curriculum for medical students," *Med. Educ.*, vol. 29, no. 4, pp. 289–296, Jul. 1995.
- [7] E. Gurpinar, B. Musal, G. Aksakoglu, and R. Ucku, "Comparison of knowledge scores of medical students in problem-based learning and traditional curriculum on public health topics," *BMC Med. Educ.*, vol. 5, no. 1, p. 7, Feb. 2005.
- [8] T. B. Op't Holt, "Problem-based and case-based learning in respiratory care education," *Respir. Care Clin. N. Am.*, vol. 11, no. 3, pp. 489–504, Sep. 2005.
- [9] E. J. Barrow, G. Lyte, and T. Butterworth, "An evaluation of problem-based learning in a nursing theory and practice module," *Nurse Educ. Pract.*, vol. 2, no. 1, pp. 55–62, Mar. 2002.
- [10] E. Rideout, V. England-Oxford, B. Brown, F. Fothergill-Bourbonnais, C. Ingram, G. Benson, M. Ross, and A. Coates, "A comparison of problem-based and conventional curricula in nursing education," *Adv. Health Sci. Educ. Theory Pract.*, vol. 7, no. 1, pp. 3–17, 2002.

- [11] W. Beadling and J. Vossler, "Problem-Based Learning in the Clinical Laboratory Science Curriculum," *Lab. Med.*, vol. 32, no. 8, pp. 422–430, 2001.
- [12] N. Benedict, "Virtual patients and problem-based learning in advanced therapeutics," *Am. J. Pharm. Educ.*, vol. 74, no. 8, p. 143, Oct. 2010.
- [13] R. M. Romero, S. P. Eriksen, and I. S. Haworth, "Quantitative assessment of assisted problem-based learning in a pharmaceuticals course," *Am. J. Pharm. Educ.*, vol. 74, no. 4, p. 66, May 2010.
- [14] A. A. Webster and R. M. Riggs, "A Quantitative Assessment of a Medicinal Chemistry Problem-based Learning Sequence," *Am. J. Pharm. Educ.*, vol. 70, no. 4, Aug. 2006.
- [15] B. Williams, "Case Based Learning—A Review of the Literature: Is There Scope for This Educational Paradigm in Prehospital Education?," *Emerg. Med. J.*, vol. 22, no. 8, pp. 577–581, Aug. 2005.
- [16] Â. Jesus, M. J. Gomes, and A. Cruz, "A B-learning strategy for Therapeutics at the Bachelor Level," presented at the FIP World Centennial Congress of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Amsterdam, 2012.
- [17] H. G. Schmidt, "Assumptions underlying self-directed learning may be false," *Med. Educ.*, vol. 34, no. 4, pp. 243–245, Apr. 2000.
- [18] H. S. Barrows, "A taxonomy of problem-based learning methods," *Med. Educ.*, vol. 20, no. 6, pp. 481–486, Nov. 1986.
- [19] M. T. Garvey, M. O'Sullivan, and M. Blake, "Multidisciplinary case-based learning for undergraduate students," *Eur. J. Dent. Educ. Off. J. Assoc. Dent. Educ. Eur.*, vol. 4, no. 4, pp. 165–168, Nov. 2000.
- [20] Â. Jesus, M. J. Gomes, and A. Cruz, "A Case Based Learning Model in Therapeutics," *Innov. Pharm.*, vol. 3, no. 4, p. Article 91, 2012.
- [21] Â. Jesus, M. J. Gomes, and A. Cruz, "Case Based Learning Digital - Proposta para Estruturação da Formação," presented at the XII Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia, Braga, 2013, pp. 6433–41.
- [22] J. MacDonald, *Blended learning and online tutoring planning learner support and activity design*. Aldershot; Burlington, VT: Gower, 2008.
- [23] K. Thorne, *Blended learning how to integrate online & traditional learning*. London; Sterling, VA: Kogan Page, 2003.
- [24] J. Bersin, *The blended learning book: best practices, proven methodologies, and lessons learned*. San Francisco, CA: Pfeiffer, 2004.
- [25] D. Whitelock and A. Jelfs, "Editorial. Special Issue on Blended Learning Journal of Educational Media," *J. Educ. Media*, vol. 28, no. 2, pp. 99–100, 2003.
- [26] M. Driscoll, "Blended Learning: Let's Get Beyond the Hype," 2002.
- [27] J. A. Lencastre, "Blended Learning: A Evolução de um Conceito.," in *Blended Learning em Contexto Educativo*, Santo Tirso: DE FACTO Editores, 2012, pp. 151–172.
- [28] J. Reay, "Blended learning—A fusion for the future.," *Knowl. Manag. Rev.*, vol. 4, no. 3, 2001.
- [29] P. Sands, "Inside outside, upside downside: Strategies for connecting online and face-to-face instruction in hybrid courses.," *Teach. Technol. Today*, vol. 8, no. 6, 2002.
- [30] C.-H. Tu and M. McIsaac, "The Relationship of Social Presence and Interaction in Online Classes," *Am. J. Distance Educ.*, vol. 16, no. 3, pp. 131–150, 2002.
- [31] J. R. Young, "'Hybrid' Teaching Seeks To End the Divide between Traditional and Online Instruction.," *Chron. High. Educ.*, vol. 48, no. 28, 2002.
- [32] D. R. Garrison and H. Kanuka, "Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education," *Internet High. Educ.*, vol. 7, no. 2, pp. 95–105, nd 2004.
- [33] C. J. Bonk and C. R. Graham, *The Handbook of Blended Learning: Global Perspectives, Local Designs*. Wiley, 2006.
- [34] K.-L. Krause, "Beyond classroom walls: Students' out-of-class activities and implications for teaching and learning," *Nagoya J. High. Educ.*, vol. 7, pp. 301–318, 2007.
- [35] J. Brindley, L. M. Blaschke, and C. Walti, "Creating Effective Collaborative Learning Groups in an Online Environment," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 10, no. 3, May 2009.
- [36] G. Conole, "Facilitating new forms of discourse for learning and teaching: harnessing the power of Web 2.0 practices," *Open Learn. J. Open Distance Learn.*, vol. 25, no. 2, pp. 141–151, Jun. 2010.
- [37] E. Vázquez, J. Fombona, and A. Fernández, "Virtual attendance: Analysis of an audiovisual over IP system for distance learning in the Spanish Open University (UNED)," *Int. Rev. Res. Open Distance Learn.*, vol. 14, no. 3, pp. 402–426, Jun. 2013.
- [38] P. Peres and P. Pimenta, "MIPO Model: A Framework to Help the Integration of Web Technologies at the Higher Education," in *Adult Learning in the Digital Age*, T. T. Kidd and J. Keengwe, Eds. IGI Global, 2009.
- [39] Â. Jesus, M. J. Gomes, and A. Cruz, "Case Based Learning Digital: estratégias de avaliação e colaboração online," *Indagatio Didact.*, vol. 5, no. 3, pp. 126–141, May 2013.
- [40] D. T. Campbell and J. Stanley, *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Research*, 1st ed. Cengage Learning, 1963.
- [41] M. Eccles, J. Grimshaw, M. Campbell, and C. Ramsay, "Research designs for studies evaluating the effectiveness of change and improvement strategies," *Qual. Saf. Health Care*, vol. 12, no. 1, pp. 47–52, Feb. 2003.

- [42] P. M. Steiner, A. Wroblewski, and T. Cook, "Randomized Experiments and Quasi-Experimental Designs in Educational Research," in *The SAGE International Handbook of Educational Evaluation*, SAGE Publications, Inc, 2009.
- [43] L. S. Vygotsky, *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, 14th ed. Harvard University Press, 1978.
- [44] M. A. Crouch, "An advanced cardiovascular pharmacotherapy course blending online and face-to-face instruction," *Am. J. Pharm. Educ.*, vol. 73, no. 3, p. 51, May 2009.
- [45] S. Strickland, "Achieving Course Goals in an Undergraduate Healthcare Ethics Course: A Comparison of Three Course Delivery Methods," *Glob. Learn 2011*, no. 1, pp. 2268–2272, 2011.
- [46] M. Lapidus, S. K. McCord, W. W. McCloskey, and M. D. Kostka-Rokosz, "Combined Use of Online Tutorials and Hands-On Group Exercises in Bibliographic Instruction for Pharmacy Students," *Med. Ref. Serv. Q.*, vol. 31, no. 4, pp. 383–399, Oct. 2012.
- [47] K. J. Suda, J. M. Sterling, A. B. Guirguis, and S. K. Mathur, "Student perception and academic performance after implementation of a blended learning approach to a drug information and literature evaluation course," *Curr. Pharm. Teach. Learn.*, vol. 6, no. 3, pp. 367–372, May 2014.
- [48] A. Zapantis, C. Machado, R. Nemire, and S. Leung, "An Elective Course in Adult Acute Care Medicine Using a Hybrid Delivery System," *Am. J. Pharm. Educ.*, vol. 72, no. 5, Oct. 2008.
- [49] C. E. Munson, *Assessment of the Efficacy of Blended Learning in an Introductory Pharmacy Class*. ProQuest LLC, 2010.
- [50] D. Hope, L. Hattingh, and A. Haywood, *Safe Dispensing Practice: Development and Evaluation of a Blended Learning Tool to Enhance Dispensing in Pharmacy Practice Education*. Valenica: Iated-Int Assoc Technology Education a& Development, 2011.
- [51] Z. Karamizadeh, N. Zarifsanayei, A. A. Faghihi, H. Mohammadi, and M. Habibi, "The study of effectiveness of blended learning approach for medical training courses," *Iran. Red Crescent Med. J.*, vol. 14, no. 1, pp. 41–44, Jan. 2012.
- [52] R. Spedding, R. Jenner, K. Potier, K. Mackway-Jones, and S. Carley, "Blended learning in paediatric emergency medicine: preliminary analysis of a virtual learning environment," *Eur. J. Emerg. Med.*, vol. 20, no. 2, pp. 98–102, Apr. 2013.
- [53] A. M. Dantas and R. E. Kemm, "A blended approach to active learning in a physiology laboratory-based subject facilitated by an e-learning component," *Adv. Physiol. Educ.*, vol. 32, no. 1, pp. 65–75, Mar. 2008.
- [54] M. Arroyo-Morales, I. Cantarero-Villanueva, C. Fernandez-Lao, M. Guirao-Pineyro, E. Castro-Martin, and L. Diaz-Rodriguez, "A blended learning approach to palpation and ultrasound imaging skills through supplementation of traditional classroom teaching with an e-learning package," *Man. Ther.*, vol. 17, no. 5, pp. 474–478, Oct. 2012.
- [55] M. C. Grasl, P. Pokieser, A. Gleiss, J. Brandstaetter, T. Sigmund, B. M. Erovic, and M. R. Fischer, "A New Blended Learning Concept for Medical Students in Otolaryngology," *Arch. Otolaryngol.-Head Neck Surg.*, vol. 138, no. 4, pp. 358–366, Apr. 2012.

Modalidades de Interação em Jogos Sérios na Reabilitação Cognitiva: Implementação e Estudo de Usabilidade

New Forms of Interaction in Serious Games for Cognitive Rehabilitation: Implementation and Usability Study

Rui Rocha¹ e Luís Paulo Reis^{1,2}

¹DSI - Departamento de Sistemas de Informação, EEUM - Escola de Engenharia e Centro ALGORITMI, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal

²LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores, Porto, Portugal
gdruifafe@hotmail.com, lpreis@dsi.uminho.pt

Paula Alexandra Rego e Pedro Miguel Moreira

ESTG - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, IPVC - Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, Portugal

LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores, Porto, Portugal
{paularego, pmoreira}@estg.ipv.pt

Brígida Mónica Faria

ESTSP/IPP - Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Gaia, Portugal

LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores, Porto, Portugal

INESC-TEC - Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência, Porto, Portugal
btf@estsp.ipp.pt

Resumo — Os Jogos Sérios constituem uma ferramenta relevante na área da reabilitação, contribuindo para o aumento da motivação dos pacientes na realização das tarefas que compõem o seu programa de recuperação. Na sequência do estudo de um conjunto de características que permita inovar e melhorar os processos de terapia cognitiva, tornando-os mais motivadores para os pacientes, desenvolveu-se uma plataforma web composta por um conjunto de jogos que procuram integrar as características pensadas. Neste artigo apresentam-se os jogos sérios atualmente implementados como parte da plataforma, bem como os resultados dos testes realizados de forma a avaliar a sua usabilidade e atratividade. De forma geral, os participantes reportaram uma experiência de jogo positiva em relação a todos os jogos, registando valores mais altos nas vertentes multiplayer e de competição. Espera-se futuramente alargar os testes realizados a uma população com vários tipos de limitações.

Palavras Chave - jogos sérios; reabilitação; reabilitação cognitiva; NUI; jogos.

Abstract — Serious Games are an important tool in health rehabilitation, contributing to increase the motivation of patients in the completion of tasks included in their recovery programs. Following the study of the set of features which can be used to improve cognitive therapy processes, making them more motivating for the patients, we develop a web platform composed of a set of games that seek to integrate the proposed features. In this paper we present the serious games currently deployed in the platform and the results of user tests performed in order to evaluate its usability and attractiveness. Overall, subjects reported a positive gaming experience for all the games,

registering the highest values in the multiplayer and competition aspects. We intend in the future to test the games on a population with various kinds of limitations.

Keywords – serious games; rehabilitation; cognitive rehabilitation; NUI; games.

I. INTRODUÇÃO

A reabilitação é utilizada em todo o mundo para devolver a independência àqueles que a perderam, por circunstâncias da vida. Os processos de reabilitação seguem, por norma, programas de treino intensivo, compostos por tarefas repetitivas e que se tornam monótonas para os pacientes [1]. Torna-se deste modo importante o estudo e a criação de alternativas aos programas de reabilitação convencionais, no intuito de melhor apoiar os pacientes no seu caminho de recuperação. A introdução de jogos sérios nestes processos pode aumentar o interesse dos pacientes na realização dos exercícios incluídos nos seus programas de reabilitação, contribuindo para o aumento da sua motivação. A reabilitação cognitiva, em particular, constitui uma área de aplicação onde os jogos sérios podem assumir um papel fundamental. Esta forma de terapia é aplicada a pessoas com algum défice cognitivo, como perda de memória, ou problemas de atenção. Assim, nas terapias de reabilitação cognitiva, os jogos devem ser criados tendo em conta características que permitam não só estimular e treinar as funções cognitivas, como também estimular e atrair a atenção dos pacientes. Em estudos prévios [2-5] efetuou-se uma revisão da literatura sobre o uso de Jogos

Sérios na reabilitação e propôs-se um conjunto de características que permitem inovar na forma de abordar os processos de terapia cognitiva, tornando-os mais motivadores para os pacientes [3]. Neste sentido foi desenvolvida e testada uma plataforma web composta por um conjunto de jogos sérios que integram as características inovadoras propostas [6]. Os jogos que integram a plataforma foram adaptados para a utilização em reabilitação cognitiva, sendo baseados em jogos apropriados já existentes e validados na área da reabilitação cognitiva. Neste artigo apresenta-se o conjunto de jogos sérios implementados e atualmente incluídos na plataforma web, bem como os resultados dos testes realizados de forma a avaliar a usabilidade e atratividade dos jogos desenvolvidos.

O presente artigo está estruturado conforme se apresenta a seguir. A secção 2 descreve a importância do uso de interfaces naturais e multimodais nos jogos, bem como da introdução das características sociais de colaboração, competição e do sistema de handicapping. A secção 3 descreve os jogos implementados; a secção 4 descreve os testes efetuados para validar os jogos, incluindo a descrição dos instrumentos usados, caracterização da amostra e os principais resultados. No final, a secção 5, apresenta as principais conclusões e direções para o trabalho futuro.

II. MODALIDADES DE INTERAÇÃO EM JOGOS SÉRIOS

Muitos dos pacientes envolvidos em terapias de reabilitação cognitiva, para além das dificuldades cognitivas, apresentam como resultado da sua condição várias limitações físicas [7, 8]. Desta forma, o desenvolvimento de jogos com recurso a interfaces de interação naturais, e de acordo com uma abordagem multimodal, torna-se essencial para diminuir as limitações dos jogos, no que diz respeito à usabilidade e interação [9, 10], e para facilitar o acesso destes jogos a um maior número de pacientes. As interfaces de interação naturais são desenhadas com base no comportamento humano e com recurso a dispositivos de interação diferentes dos tradicionais ratos, teclados ou ecrãs táteis. Este desenho permite uma interação do utilizador com o sistema através de movimentos naturais, que realiza no seu dia-a-dia, sem que se aperceba que está a utilizar uma interface, permitindo em muitos casos que esta interação aconteça sem existir contacto com qualquer tipo de dispositivo físico. Desta forma é diminuída a curva de aprendizagem dos controlos do sistema, tornando-o mais fácil de manusear e intuitivo [11, 12]. Uma abordagem multimodal consiste numa combinação com mais do que uma tecnologia de interação, como forma de input ou output [13] que deve servir como facilitador da interação entre o homem e o computador [9]. Assim, uma interface multimodal pode incorporar diferentes combinações de voz, gestos e expressões faciais, assim como outras formas de interação mais convencionais como ratos e teclados [14]. Qualquer limitação física que os pacientes em reabilitação possam apresentar deve ser mitigada através de uma perspectiva de fusão entre uma abordagem multimodal e a utilização de interfaces de interação naturais. Assim, o desenvolvimento destes jogos deve assim contemplar o uso de tecnologias que favoreçam a utilização dos sentidos humanos [15]. Diversos estudos têm sido conduzidos sobre a utilização destas tecnologias em jogos sérios [16-18]. Para além das características relacionadas com a interface com o utilizador, também as características sociais,

em particular: a competição, colaboração e o conceito de handicapping são propostas como características inovadoras para o aumento da motivação dos pacientes durante o processo de reabilitação. Estimular os pacientes durante todo processo mostra-se fulcral no alcance dos objetivos. Para isso é fundamental encontrar um equilíbrio entre o trabalho e o entretenimento, tornando a terapia mais divertida, desafiante e apelativa. A interação social em jogos de vídeo evidenciou efeitos positivos em testes com indivíduos saudáveis, no que diz respeito à experiência de jogo [19]. O mesmo pode ser alcançado com pacientes em reabilitação através de características de interação social incorporadas nos jogos sérios, nomeadamente a colaboração e a competição, tornando possível aumentar o grau de motivação e comprometimento dos pacientes na prática contínua dos exercícios que estes têm de realizar [7].

III. JOGOS IMPLEMENTADOS

Desenvolveu-se uma plataforma web composta por um conjunto de jogos adaptados para a utilização em reabilitação cognitiva. Os jogos sérios desenvolvidos foram pensados para funcionarem diretamente em browsers, pelo que o seu desenvolvimento se baseou na utilização das linguagens de programação JavaScript, HTML e CSS. Definiu-se que cada jogo deveria conter características reabilitativas capazes de estimular pelo menos uma função cognitiva, bem como alguma das características propostas como forma de melhoria da motivação dos pacientes em relação ao processo de reabilitação. Assim, os jogos implementados incluem o conjunto de características propostas. De entre estas características, destacam-se a interface de interação multimodal, apoiada sobre uma abordagem natural (NUI). Foi introduzida também uma vertente social, apoiada nos conceitos de colaboração e competição. Desta forma, os jogos multiplayer desenvolvidos basearam-se não só na competição entre utilizadores, mas também numa perspetiva de jogo em equipa. A vertente competitiva foi ainda reforçada com a introdução do conceito de handicapping, cujo objetivo é garantir o equilíbrio entre os utilizadores, e desenhado para compensar utilizadores que possam estar em desvantagem, como o caso de pacientes com diferentes tipos limitações físicas e cognitivas. A seguir apresenta-se os jogos que foram implementados.

A. Jogo de Memória

O principal objetivo deste jogo é o treino da memória de trabalho, ou memória de curto prazo (visão) e memória sequencial. A interface do jogo é apresentada na Figure 1.

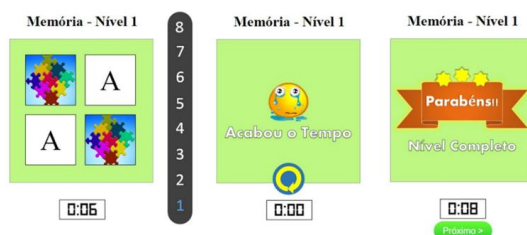


Figure 1. Jogo de Memória

De forma a verificar a existência de diferentes reações dos sujeitos quando confrontados com jogos dotados destas características, relativamente a jogos que não as contemplem, resolveu-se avançar também para o desenvolvimento de um jogo que não contemple nenhuma das características propostas, e de um outro que contemple as duas abordagens, ou seja, uma das versões do jogo não abarca nenhuma das características propostas e uma outra versão do mesmo jogo contempla alguma destas características. Assim, o jogo de memória foi desenvolvido apenas em versão single player, e não contempla nenhuma das características propostas. A interação com o jogo é feita através de um rato.

B. Jogo de Ordenação

A principal finalidade deste jogo é o treino e estímulo dos tempos de reação dos utilizadores, concentração, raciocínio, memória e processamento sequencial, percepção espacial, processamento visual e atenção. Este jogo dispõe de uma versão single player e multiplayer (Figure 2.) para dois utilizadores em simultâneo, e contempla características de competição e handicapping.

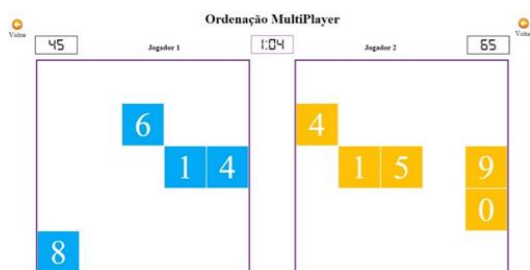


Figure 2. Jogo de Ordenação

C. Jogo de Cálculo

Este jogo tem por finalidade melhorar a capacidade de cálculo mental, raciocínio numérico, e a resolução de problemas. O jogo apresenta gráficos simples (Figure 3.), de duas dimensões e imagens que indicam se o nível foi completado com sucesso, assim como o final do tempo de jogo.

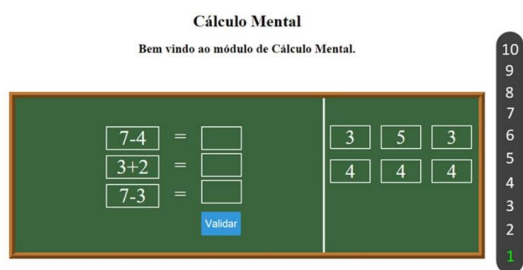


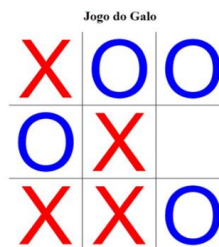
Figure 3. Jogo de Cálculo

Este jogo não utiliza qualquer tipo de som ou efeito sonoro e a interação com o mesmo contempla duas modalidades de interação: rato, através de uma interface de Point-and-Click, e voz, através de reconhecimento do discurso. Este jogo foi desenvolvido em modo single player e multiplayer, sendo que este último conta com características de colaboração.

D. Jogo do galo

O jogo do galo (Tic-Tac-Toe ou noughts and crosses) estimula a memória, a visualização, a capacidade de organização e planeamento, a concentração/atenção e a resolução de problemas. Este jogo faz uso de gráficos simples (Figure 4.), de duas dimensões e imagens que indicam no final do tempo de jogo qual o utilizador vencedor. Este jogo não utiliza qualquer tipo de som ou efeito sonoro, e a interação com o mesmo é feita com recurso a um rato, através de uma interface de Point-and-Click. O desenvolvimento deste jogo contemplou a introdução de um sistema de handicapping.

Figure 4. Jogo do galo



IV. TESTES COM UTILIZADORES E RESULTADOS

Nesta seção descrevem-se os testes realizados com a plataforma web desenvolvida de forma a validar os jogos que a compõem, apresentam-se os resultados e uma análise dos mesmos. Os testes foram pensados para avaliar principalmente a usabilidade e atratividade dos jogos, para perceber se são fáceis de jogar e de interagir, se é fácil de perceber o que é pedido em cada um deles, se os utilizadores gostam dos jogos e se estes são apelativos. Definiu-se que os testes realizados incluiriam qualquer sujeito disposto a participar nestes testes e seguiriam duas modalidades distintas: testes presenciais e testes online. Nestes últimos, apenas as versões single player dos jogos foram testadas. Elaborou-se um questionário que foi aplicado a todos os sujeitos que participaram nos testes. A este questionário foram retiradas as perguntas relativas às experiências *multiplayer* para os participantes *online*. Este questionário conta com uma secção inicial que visa fazer uma caracterização da amostra (idade, sexo, e escolaridade, entre outros).

A. Instrumentos usados

Foram utilizados três instrumentos validados, habitualmente utilizados em testes a jogos de computador. O CEGEQ (*Core Elements of the Gaming Experience Questionnaire*), IMI (*Intrinsic Motivation Inventory*) e SUS (*System Usability Scale*). O CEGEQ é um instrumento utilizado para avaliar os principais elementos da experiência de jogo. É composto por oito escalas (CEGE, Video-game, Puppetry, Game-play, Environment, Control, Ownership e Facilitators) que avaliam aspetos específicos do jogo, como os gráficos e os controlos, bem como conceitos relativos à experiência dos utilizadores, tais como: a satisfação, a frustração ou o nível de controlo que os utilizadores sentem em relação ao jogo. O IMI é um instrumento de avaliação multidimensional que avalia as experiências subjetivas dos participantes em relação à atividade que experimentaram,

neste caso, em relação a toda a atividade de experiência dos jogos e de interação com a plataforma web desenvolvida. Adaptou-se este instrumento de forma a utilizar apenas uma das suas escalas, especificamente a escala que avalia o interesse/satisfação dos sujeitos em relação a toda a experiência.

B. Caracterização da amostra

A caracterização da amostra é apresentada na TABLE I. Participaram um total de 58 pessoas nestes testes (22 de forma presencial e 36 online), sendo 17 do sexo feminino e 41 do sexo masculino. Os participantes apresentam uma média de idade de 25.4 anos, a amostra total varia entre os 19 e os 48. Em relação à escolaridade 86.2% da amostra concluiu, ou está a frequentar o ensino superior. A maioria da amostra é composta por destros (87.9%) e apenas 7 sujeitos afirmam ser esquerditos. Só um dos participantes relata sofrer de dificuldades motoras, mas não especifica quais e nenhum dos participantes sofre de daltonismo. A maior parte dos participantes tem experiência de utilização com computadores: 89.7% afirma que utiliza o computador diariamente durante mais de uma hora, e nenhum participante refere nunca ter utilizado um computador. Em relação à experiência de utilização de jogos de computador, 5 participantes referem nunca jogar computador, 16 jogam uma vez por mês e 16 uma vez por semana, os restantes jogam todos os dias. Estes dados foram analisados e resolveu-se classificar os participantes como utilizadores frequentes, ou não, de jogos de computador. Para isso, convencionou-se que seriam consideradas como utilização frequente as respostas “Muitas vezes (todos os dias, 1 hora ou menos)” e “Sempre (todos os dias, mais de 1 hora)”, e como utilização não frequente, todas as outras. Sendo assim, considera-se que 63.8% dos participantes não utiliza frequentemente jogos de computador.

C. Resultados do Inquérito CEGEQ

A escala Enjoyment determina se o utilizador teve uma experiência positiva em relação ao jogo. Em relação a esta escala, verifica-se que o jogo Ordenação na vertente multiplayer, regista o valor mais elevado (94.6%) enquanto o jogo de cálculo na modalidade de interação por voz regista o valor mais baixo (73.3%). De modo geral, os valores mais elevados desta escala são observados para os jogos da vertente multiplayer, todos acima dos 90%. Uma comparação direta entre as modalidades de interação rato (86.4%) e voz (73.3%) do jogo de cálculo, mostra que os utilizadores classificam a experiência com recurso ao rato como mais positiva. Se a comparação for feita em relação ao mesmo jogo, mas desta vez acerca da vertente de jogo, a experiência multiplayer (91.6%), foi considerada mais positiva do que a vertente single player (86.4%). A mesma análise pode ser concretizada em relação ao jogo de ordenação, novamente com a vertente multiplayer a apresentar um resultado mais elevado (94.6%), em comparação com a vertente single player (86.9%). Os resultados da escala Frustration, que mede a frustração dos utilizadores em relação aos jogos experimentados, são relativamente baixos, em média 25.06%. O valor mais alto é observado em relação ao jogo de cálculo na modalidade de

interação por voz (39.7%). O valor mais baixo (20.9%) é registado para o jogo de cálculo na modalidade de interação por rato. A escala Control avalia a capacidade de o utilizador fazer com que o jogo corresponda às suas ações. Observa-se que este valor é bastante diferente em relação ao modo de interação com o jogo de cálculo, 88.7% para o rato, 77.9% para a voz, denunciando que os utilizadores sentiram mais dificuldades em controlar o jogo com recurso à voz.

TABLE I. CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Sexo	Amostra (N = 58)		
	n	%	M DP
Feminino	17	29.3	
Masculino	41	70.7	
Idade		25.4	7.8
Idade Categorizada			
< 30	49	84.5	
> 30	9	15.5	
Escolaridade Categorizada			
Ensino Superior	50	86.2	
Ensino Não Superior	8	13.8	
Dificuldades motoras			
Sim	1	1.7	
Não	57	98.3	
Lateralidade			
Destro	51	87.9	
Esquerdino	7	12.1	
Daltonismo			
Sim	0	0	
Não	58	100	
Utiliza regularmente o computador?			
Nunca	0	0	
Raramente (uma vez por mês)	0	0	
Às vezes (1 vez por semana)	1	1.7	
Muitas vezes (todos os dias, menos de 1 h)	5	8.6	
Sempre (todos os dias mais de 1 h)	52	89.7	
Costuma jogar regularmente jogos de computador?			
Sim	21	36.2	
Não	37	63.8	

A forma como o jogo é apresentado, o seu design, os seus gráficos e os seus cenários, são aspetos avaliados na escala Environment, que apresenta resultados elevados, todos eles acima dos 80%, o que mostra o agrado dos utilizadores com o aspeto visual de todos os jogos. O jogo de memória regista o valor mais baixo (85.3%), enquanto o jogo de ordenação regista os valores mais altos, 94.5% nas suas vertentes multiplayer e 88.3% na vertente single player. A escala Gameplay avalia a perceção dos utilizadores em relação ao objetivo do jogo, em relação àquilo a que o jogo diz respeito e às suas regras. O valor mais baixo nesta escala é registado para o jogo de cálculo na modalidade de interação por voz (77%), isto pode ser explicado em parte, pelo facto de alguns dos testes terem acontecido em modo online, não havendo qualquer contacto com os utilizadores à exceção do apelo inicial de participação, difundido via email e redes sociais. Apesar de neste apelo se alertar para o facto de esta modalidade de interação só funcionar no browser Google Chrome, de as regras do jogo serem expostas antes de este começar e de os

comandos verbais se encontrarem sempre visíveis na janela de jogo, registraram-se vários comentários a referirem a incapacidade de interagir com o jogo, pelo que se depreende que a utilização desta forma de interação requer um cuidado de ensino e explicação inicial especial. Regista-se o resultado mais elevado, em relação à experiência de jogo, no jogo de ordenação, na vertente multiplayer, com um resultado de 81.6% na escala CEQE. De forma geral, todos os jogos apresentaram bons resultados em relação ao questionário CEQE. O jogo de ordenação, em vertente multiplayer, reúne as preferências dos utilizadores, em sentido contrário está a jogo de cálculo na sua abordagem de interação pela voz.

D. Análise de diferenças entre grupos

A amostra foi dividida em dois subgrupos tendo em conta alguns critérios (sexo, idade, escolaridade, jogar computador e modalidade de teste) a fim de perceber se existem diferenças significativas entre eles. Sendo assim, foram efetuados testes de diferenças em relação ao sexo dos participantes (masculino ou feminino), à sua idade (mais e menos de 30 anos), à escolaridade (ensino superior e não superior), à frequência com que jogam computador (todos os dias ou não) e à modalidade de teste (presencial e online). A análise exploratória dos dados revelou não haver normalidade na distribuição dos dados, pelo que não se cumprem os critérios para utilização de testes paramétricos. Assim para esta análise de diferenças foi utilizada estatística não paramétrica, mais concretamente o teste de Mann-Whitney.

Existem diferenças significativas ($P = 0.002 < 0.05$) em relação à escala Enjoyment no que diz respeito à modalidade de teste (online e presencial). Os valores médios para esta escala são significativamente superiores nos testes presenciais (38.00 vs 24.31). Entre os resultados da escala Control também se verificam diferenças significativas ($P = 0.002 < 0.05$) em relação à modalidade de teste (online e presencial), os valores para esta escala são significativamente mais altos nos testes presenciais (38.30 vs. 24.13). É possível que a modalidade de teste online tenha prejudicado a modalidade de interação por voz. Primeiro por não haver um acompanhamento inicial, a explicar aos sujeitos como interagir com o jogo, foi, no entanto, disponibilizado no início do jogo uma mensagem contendo um conjunto de informações acerca disso, e depois pela obrigatoriedade da realização destes testes no browser Google Chrome, o que também foi difundido aquando da disseminação do apelo à participação nestes testes. De referir, contudo, que apesar disso vários utilizadores relataram como comentário final aos jogos a impossibilidade de interagir com a versão controlada por voz.

Em relação à modalidade de teste (online e presencial), verificam-se ainda diferenças significativas ($P = 0.015 < 0.05$) no que diz respeito ao questionário IMI. Este questionário avalia a motivação intrínseca em relação à atividade testada, neste caso, as perguntas referiam-se a toda a experiência de utilização da plataforma web. Os valores desta escala são significativamente mais elevados nos testes presenciais (36.32 vs. 25.33).

E. Diferenças entre as modalidades de interação

Os testes de diferenças concretizados até ao momento visavam perceber se existiam diferenças significativas em relação a dois grupos distintos (amostras independentes), para uma mesma variável. Os testes de diferenças para amostras emparelhadas visam identificar diferenças significativas em relação à mesma amostra e a variáveis distintas. Nesse sentido, estes testes foram utilizados para analisar as diferenças em relação às escalas Enjoyment e Control, para o jogo de cálculo em ambas as suas modalidades de interação (rato e voz). Como o tamanho da amostra é superior a 30 ($N=58$), foi utilizado o t-test para amostras emparelhadas. Verificou-se uma diferença significativa entre os valores da escala Enjoyment ($P < 0.001 < 0.05$), sendo os resultados da interação com o rato ($M=86.37$, $DP=18.4$) superiores aos da interação com voz ($M=73.32$, $DP=25.51$). Conclui-se então que os participantes sentiram que a experiência de interação com o jogo de cálculo através do rato foi mais positiva do que a interação por voz. A mesma análise tendo em conta apenas os participantes nos testes online revela igualmente diferenças significativas ($P < 0.001 < 0.05$), sendo novamente os resultados da interação com o rato ($M=83.6$, $DP=20.56$) superiores aos da interação por voz ($M=65.74$, $DV=26.35$). Para efetuar esta análise, mas tendo só em conta, os participantes nos testes presenciais, foi utilizado o teste de Wilcoxon, uma vez que a amostra é menor do que 30 ($N=22$) e a análise exploratória dos dados revela que é violado o princípio da normalidade. Este teste indica que não há diferenças significativas ($P=0.075 > 0.05$). Os testes realizados revelam que os utilizadores que participaram nos testes presenciais, não apresentam diferenças significativas na forma como avaliam a sua experiência, com as modalidades de interação rato e voz, em relação ao jogo de cálculo. Ao contrário do que acontece nos jogos online, onde essas diferenças existem e são significativas. Este facto reforça a teoria de que a falta de acompanhamento e explicação da forma de funcionamento desta modalidade pode ter influenciado a experiência dos utilizadores. Sem estas explicações iniciais, os sujeitos sentiram mais dificuldades em utilizar técnicas de interação diferentes do habitual. Não se pode igualmente descartar a hipótese de alguns destes utilizadores não terem disponíveis microfones que pudessem utilizar, ou mesmo tendo, que estes fossem de má qualidade e não permitissem uma interação eficaz. É também impossível garantir que os testes foram realizados num ambiente com pouco barulho de fundo, o que também prejudica esta modalidade de interação. É aconselhável que em testes/utilizações futuras se faça um esforço para garantir que os utilizadores sejam informados corretamente da melhor forma de utilização desta tecnologia e dos pressupostos tecnológicos/ambientais necessários à sua utilização.

A mesma comparação foi efetuada, mas em relação à escala Control. Verificaram-se diferenças, estatisticamente significativas, nos valores desta escala, em relação às duas modalidades de interação do jogo de cálculo. Verificaram-se estas diferenças em relação à totalidade da amostra ($P < 0.001 < 0.05$), aos testes online ($P < 0.001 < 0.05$) e aos testes

presenciais ($P=0.001 < 0.05$). Em todos os casos, os resultados da interação com o rato foram superiores aos da interação com a voz. Estes resultados revelam que os sujeitos se sentiram mais em controlo do jogo com a utilização do rato.

F. Análise das vertentes single player e multiplayer

No final do questionário apresentado aos sujeitos foram colocadas algumas perguntas mais específicas em relação a alguns dos jogos desenvolvidos. Em relação às vertentes single player e multiplayer, 63.6% refere gostar mais das versões multiplayer e 81.8% considera esta vertente como sendo mais desafiadora. A vertente multiplayer do jogo ordenação foi apresentada com e sem sistema de handicapping. Os sujeitos consideram a versão com handicapp mais desafiante (27.3%) e 50% dos sujeitos afirma não notar diferenças. Os sujeitos elegem a abordagem competitiva como a sua preferida (59.1%) e como a mais desafiante (63.6%). Ambas as abordagens convencem o mesmo número de sujeitos quanto ao divertimento, 45.5% escolhem a competição e 45.5% escolhem a colaboração. Os restantes não notaram diferença nenhuma. No que diz respeito ao incentivo à interação entre utilizadores, 81.8% escolhe a abordagem colaborativa. Quanto ao jogo de cálculo mental, a maioria dos sujeitos afirma gostar mais da interação por rato (58.6%), sendo que apenas 25.9% prefere a interação por voz e 15.5% não notou qualquer diferença. Esta é também a modalidade de interação considerada mais desafiadora (53.4%).

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

O objetivo principal da presente investigação foi o estudo, e inclusão, de um conjunto de características que permitissem inovar na forma de abordar os processos de terapia cognitiva, tornando-os mais motivadores para os pacientes. Desenvolveu-se um conjunto de jogos sérios, que incluem um conjunto de características, concebidas para promover a motivação de pacientes: interface de interação multimodal, apoiada sobre uma abordagem natural e a introdução de uma vertente social, apoiada nos conceitos de colaboração e competição. Assim, alguns dos jogos podem ser jogados na versão multiplayer com dois utilizadores. Os jogos multiplayer desenvolvidos basearam-se não só na competição entre utilizadores, mas também numa perspetiva de jogo em equipa. A vertente competitiva foi ainda reforçada com a introdução do conceito de handicapping, cujo objetivo é garantir o equilíbrio entre os utilizadores. Todas as versões dos jogos podem ser jogadas usando o rato e uma versão pode usar comandos de voz. Os jogos foram testados numa população de 58 pessoas, segundo duas vertentes: online e presencial. De forma geral, os sujeitos reportaram uma experiência de jogo positiva em relação a todos os jogos, embora os valores mais altos se tenham registado na vertente multiplayer. As características sociais parecem assim contribuir para uma boa experiência de jogo, especialmente a vertente de competição. Os dados indicam ainda que a vertente colaboração é a que mais fomenta o contacto e a interação entre os utilizadores. No futuro, espera-se alargar os testes realizados a uma população com vários tipos de limitações, e envolvidos num processo de terapia cognitiva.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelos projetos estratégicos Centro ALGORITMI (PEst-C/EEI/UI0319/2015) e LIACC (PEst-OE/EEI/UI0027/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. W. Burke, M. D. J. McNeill, D. K. Charles et al., "Optimising engagement for stroke rehabilitation using serious games," *The Visual Computer*, vol. 25, pp. 1085-1099, 2009.
- [2] P. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, "Serious Games for Rehabilitation: A Survey and a Classification towards a Taxonomy," 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies, Santiago de Compostela, Spain, 2010.
- [3] R. Rocha, L. P. Reis, P. A. Rego, and P. M. Moreira, "Serious games for cognitive rehabilitation: Forms of interaction and social dimension," in *2015, 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* Aveiro, Portugal, 2015, pp. 1-6.
- [4] P. A. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, "A Serious Games Framework for Health Rehabilitation," *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics*, vol. 9, pp. 1-21, 2014.
- [5] P. A. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, "Architecture for Serious Games in Health Rehabilitation," in *New Perspectives in Information Systems and Technologies, Volume 2*. vol. 276, A. Rocha, et al., Eds., ed: Springer International Publishing, 2014, pp. 307-317.
- [6] R. Rocha, P. A. Rego, B. M. Faria, L. P. Reis, and P. M. Moreira, "A Web Platform of Serious Games for Cognitive Rehabilitation: Architecture and Usability Study," in *New Advances in Information Systems and Technologies*. vol. 1, A. Rocha, et al., Eds., ed: Springer International Publishing, 2016, pp. 1085-1095.
- [7] G. Alankus, A. Lazar, M. May, and C. Kelleher, "Towards customizable games for stroke rehabilitation," Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Atlanta, Georgia, USA, 2010.
- [8] M. Ma and K. Beckhoum, "Serious Games for Movement Therapy after Stroke," presented at the IEEE Int. Conf. Systems, Man and Cybernetics, Suntec Singapore, International Convention & Exhibition Center, 2008.
- [9] F. Karray, M. Alemzadeh, J. A. Saleh, and M. N. Arab, "Human-Computer Interaction: Overview on State of the Art," *Int. J. Smart Sensing and Intelligent Systems*, vol. 1, pp. 137-159, March 2008 2008.
- [10] P. A. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, "Natural User Interfaces in Serious Games for Rehabilitation: a Prototype and Playability Study," in *First Iberian Workshop on Serious Games and Meaningful Play, 6th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*. vol. I, A. Rocha, et al., Eds., Chaves, Portugal, 2011, pp. 229-232.
- [11] J. Blake. (2010) The natural user interface revolution. *Natural User Interfaces in .NET*. 4-35.
- [12] P. A. Rego, P. M. Moreira, and L. P. Reis, "New Forms of Interaction in Serious Games for Rehabilitation," in *Handbook of Research on Serious Games as Educational, Business, and Research Tools: Development and Design*, M. M. Cruz-Cunha, Ed., ed: IGI Global, 2012.
- [13] J. Jain, A. Lund, and D. Wixon, "The future of natural user interfaces," in *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Vancouver, BC, Canada, 2011, pp. 211-214.
- [14] S. Oviatt, "Multimodal interfaces," in *The human-computer interaction handbook*, A. J. Julie and S. Andrew, Eds., ed: L. Erlbaum Associates Inc., 2003, pp. 286-304.
- [15] M. C. Caschera, F. Ferri, and P. Grifoni, "Multimodal interaction systems: information and time features," *International Journal of Web and Grid Services*, vol. 3, pp. 82-99, 2007.
- [16] A. Conconi, T. Ganchev, O. Kocsis, et al. "PlayMancer: A Serious Gaming 3D Environment." *Int. Conf. Automated solutions for Cross Media Content and Multi-channel Distribution (AXMEDIS '08)*. Florence, Italy, 2008, pp. 111-117.
- [17] M. B. Moussa and N. Magnenat-Thalmann, "Applying affect recognition in serious games: The playmancer project," in *Motion in Games*, A. Egges, et al., Eds., ed: Springer, 2009, pp. 53-62.
- [18] G. Saposnik, R. Teasell, M. Mamdani, et al., "Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle," *Stroke*, vol. 41, pp. 1477-1484, 2010.
- [19] L. Vanacken, S. Notelaers, C. Raymaekers, K. Coninx, W. van den Hoogen, W. I. Jsselsteijn, and P. Feys, "Game-Based Collaborative Training for Arm Rehabilitation of MS Patients: A Proof-of-concept Game," *Proc. GameDays 2010*, Darmstadt, Germany, 2010, pp. 65-75.

Métricas de Apoio a Estimativa de Esforço para o Desenvolvimento de Sistemas de BI

Supportive metrics to estimate the effort to develop Business Intelligence System

Luciano Endo, Fabiana Freitas Mendes, Edna Dias Canedo
Faculdade UnB Gama, Universidade de Brasília (UnB), Caixa Postal 8114, 72.405-610
Brasília, Brasil

lucianohideaky@gmail.com, fabianamendes@unb.br, ednacanedo@unb.br

Resumo — **Objetivo:** Este trabalho se propõe a identificar métricas capazes de estimar o esforço necessário para o desenvolvimento de um sistema de Business Intelligence (BI). **Metodologia:** Foi realizado estudo secundário com o objetivo de identificar métricas existentes no contexto de BI e métricas para aferir a complexidade de processos de negócio. A partir disso, foi elaborada uma hipótese que relaciona complexidade de processos de negócio ao esforço necessário para implementá-lo em um Sistema BI. Esta hipótese foi explorada em um estudo de caso. **Resultados:** Foi demonstrada que a hipótese inicialmente identificada é verdadeira, apesar de serem necessários mais estudos para confirmar essa relação. Também foi proposto um método que explora a relação definida pela hipótese. Dessa forma, utilizando o método, é possível estimar o esforço necessário para implementar um Sistema BI. **Conclusões:** Este trabalho enfatiza a importância de mensurar Sistemas de BI e representa uma fonte de informação para acadêmicos e desenvolvedores de aplicações BI que estão interessados em aumentar a precisão da estimativa de esforço para o desenvolvimento de Sistemas BI.

Palavras Chave - *Business Intelligence; Métricas; Desenvolvimento de Sistemas BI; Complexidade de Processos de Negócio.*

Abstract — **Goal:** This work aims to identify metrics to estimate the effort to develop Business Intelligence (BI) system. **Methodology:** It was conducted a secondary study in order to identify metrics related to BI and to business process complexity. The results conducted to a hypothesis that relates business process complexity to effort required to implement it on BI System. This hypothesis was developed on a case study. **Results:** The hypothesis was verified and seems to be true, but more studies are required to confirm the relation. It was also proposed a method that explore this relation. By using the method it is possible to estimate the effort to implement BI System. **Conclusions:** This work emphasizes the importance of measuring BI Systems and it is an information source to academics and BI system developers that want to increase their effort estimative precision.

Keywords – *Business Intelligence; Metrics; BI System Development; Business Process Complexity.*

I. INTRODUÇÃO

No cenário contemporâneo, a competição entre empresas de um mesmo ramo de negócio exige que se antecipe aos concorrentes na tomada de decisões gerenciais para modificar, inovar ou melhorar processos. Nesse contexto, surgiu em 1989 a definição de Business Intelligence (BI). Apesar de o conceito de BI ser relativamente novo, sua aplicação já era feita desde a Idade Antiga, quando as pessoas precisavam coletar, armazenar e cruzar informações. A época, os dados recolhidos estavam relacionados, principalmente, à sobrevivência humana [1].

A diferença fundamental entre as aplicações do conceito de BI antes e hoje é a tecnologia desenvolvida nos últimos anos, que resultou em facilidade e eficiência na execução de tarefas que antes poderiam ser consideradas difíceis ou inexistentes. Com o advento dos instrumentos da Tecnologia da Informação (TI), tornou-se mais fácil trabalhar com dados, da coleta à análise, passando pelo seu armazenamento [1].

Segundo Gangadharan [2] a principal utilização do BI nos dias atuais é agregar, em uma mesma ferramenta, variadas informações produzidas e disponibilizadas pelos mais diversos setores de uma organização. Assim, a alta administração tem acesso facilitado e sistematizado a um conjunto de dados que subsidiarão a tomada de decisões gerenciais.

O desenvolvimento de sistemas de BI na área de Engenharia de Software requer planejamento diferenciado no que diz respeito ao estabelecimento de mecanismos de medida de tamanho para ajudar na tomada de decisões iniciais. Isso quer dizer que a estimativa de tamanho, prazo e custo para desenvolvimento de um sistema de BI não pode ser encarada da mesma forma que em um sistema de software funcional [2].

Com rápidos avanços em tecnologia, as empresas frequentemente procuram por novos meios de estabilizar o valor da sua posição. Sistemas de Business Intelligence bem desenvolvidos podem prover a habilidade de analisar as informações de negócio com o intuito de realizar a tomada de decisões através do resultado das atividades do negócio [3]. Sistemas de BI têm o potencial de maximizar o uso da informa-

ção, aumentando a capacidade da empresa em estruturar uma grande quantidade de dados, criando vantagem competitiva [3].

Segundo Davenport [4] enquanto investimentos em sistemas de BI continuam acelerados, há uma completa falta de um método específico e rigoroso para medir tais sistemas. A falta dessas métricas pode acarretar na dificuldade de monitorar e controlar o desenvolvimento de novas aplicações de BI.

O objetivo geral deste trabalho é identificar métricas para realizar a estimativa de esforço para o desenvolvimento de Sistemas de Business Intelligence.

Esta seção introdutória apresentou o contexto, a justificativa e o objetivo geral da pesquisa. A seção II apresenta os principais trabalhos correlatos, suas aplicações e limitações. A seção III, constituída pelo protocolo de um estudo secundário e de um estudo de caso, explica os passos executados para o alcance dos resultados. A seção IV conceitua a métrica CFC resultante da execução do protocolo do estudo secundário. A seção V apresenta a validação da hipótese levantada no protocolo do estudo de caso e destaca as principais limitações encontradas. A seção VI propõe a aplicação da métrica CFC para auxiliar a estimativa de esforço para o desenvolvimento de sistemas de BI. E, finalmente, a seção VII apresenta um resumo do que foi feito, dos resultados alcançados e das limitações e trabalhos futuros.

II. TRABALHOS CORRELATOS

Há várias métricas que auxiliam na estimativa de esforço para desenvolvimento de sistemas. A métrica Ponto por Função (PF) pode ser empregada, segundo Pressman [5], para estimar o custo ou esforço necessário para projetar, codificar e testar o software. A métrica COSMIC (Common Software Measurement Consortium) tem como uma das vantagens de utilização, segundo Jones [6], a realização de estimativas em fases iniciais do projeto. As métricas acima ilustram a afirmação inicial, entretanto, auxiliam na estimativa de sistemas de Processamento de Transações em Tempo Real (OLTP).

Os sistemas de BI são classificados como de Processamento Analítico em Tempo Real (OLAP) e possuem características diferenciadas dos OLTP. Tais diferenças dificultam e impossibilitam a utilização das métricas supracitadas no auxílio para estimativa de esforço de sistemas de Business Intelligence.

Estudo foi realizado para encontrar trabalhos semelhantes ao tema. Para isso, foi definido um protocolo baseado em modelos propostos por Biolchini et al. [7] e recomendações apresentadas no estudo de Kitchenham e Brereton [8].

O objetivo foi analisar estudos e relatos de iniciativas de medição de sistemas de BI no seu processo de desenvolvimento com o propósito de identificar e analisar métricas que auxiliem na estimativa de tempo e esforço necessários para a condução do projeto com relação ao dimensionamento do sistema na fase de planejamento, do ponto de vista da equipe de desenvolvimento, no contexto de fornecimento de soluções BI.

A string: ("BUSINESS INTELLIGENCE"OR "BI"OR "BI SYSTEMS"OR "ANALYTICS BUSINESS") AND

("METRICS" OR "SIZE METRICS"OR "SIZE ESTIMATION" OR "SOFTWARE SIZING")) foi executada em agosto de 2014 em quatro bases de pesquisa: IEEEExplore, ACM, Capes e Scopus. A string foi adaptada para cada base de pesquisa, respeitando suas peculiaridades. Ao término do estudo, nenhum trabalho correlato de relevância foi obtido. A falta de publicações mostra que a temática ainda possui poucos trabalhos relacionados, apesar da importância e do crescimento em que o tema em questão se encontra.

III. METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa realizada neste trabalho está representada no fluxograma ilustrado na Figura 1.

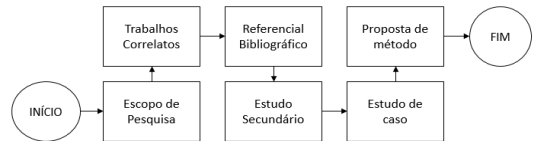


Figura 1. Passos Realizados no Trabalho

Após a definição do escopo de pesquisa e da análise dos trabalhos correlatos, o estudo secundário foi o próximo passo da metodologia do trabalho. O estudo secundário foi executado com o objetivo de encontrar na literatura, métricas capazes de mensurar a complexidade de processos de negócios. Posteriormente, foi possível relacionar a complexidade dos processos de negócios com o esforço necessário para desenvolver sistemas de BI, levantando uma hipótese. O estudo de caso foi executado para tentar comprovar a hipótese levantada previamente através do estudo secundário. As seções subsequentes explicam com maior grandza de detalhe como foi à execução do estudo secundário e do estudo de caso.

A. Estudo Secundário

Esta subseção consiste na descrição resumida do protocolo utilizado para a realização do estudo secundário.

1. Planejamento do Estudo

O protocolo do estudo secundário foi definido baseando-se em modelos propostos por Biolchini et al [7] e recomendações apresentadas no estudo de Kitchenham e Brereton [8]. Para enriquecer, foi acrescido um procedimento de Snowballing, que, segundo Wohlin [9], se refere ao uso das referências do artigo, ou de artigos que citam o presente artigo.

Objetivo. Analisar estudos e relatos de iniciativas de medição de elementos do processo de negócio com o propósito de identificar e analisar métricas de processo de negócio com relação à complexidade do ponto de vista das organizações no contexto de monitoramento e controle da execução do processo.

Questão de Pesquisa. Quais métricas são utilizadas para mensurar a complexidade de um modelo de processo de negócio?

Crítérios de Seleção de Trabalhos. Foram definidos os seguintes critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE): CII. Os

artigos devem estar escritos em inglês; **CI2**. Os resultados devem estar disponíveis integralmente; **CI3**. Os artigos devem apresentar algum estudo sobre métricas de complexidade de elementos do processo de negócio; **CE1**. Os artigos que apresentam um estudo superficial sobre o tema; **CE2**. Artigos que estão duplicados; e, **CE3**. Artigos que não considerem o contexto da complexidade do processo.

Procedimentos de Seleção. A string de busca foi executada nas bases de pesquisas do IEEEExplore¹, da ACM², da Capes³ e Scopus⁴. Todos os artigos retornados foram armazenados na ferramenta que auxilia e automatiza o processo de estudo secundário StArt⁵. Os títulos, resumos e palavras-chaves foram lidos, avaliando-se os critérios de inclusão e exclusão definidos anteriormente. Os artigos que passaram pelos critérios de inclusão e exclusão foram para o procedimento de Snowballing e de extração dos dados.

Extração dos Dados. Foram selecionadas as seguintes informações para serem coletadas: Título; Autor; Data de publicação; Fonte de publicação; e Listagem das métricas de medição de complexidade de Processos de Negócio.

2. Condução do Estudo Secundário

O protocolo do estudo secundário foi executado em setembro de 2014. A string utilizada, ("Business Process" AND (Metrics) AND (Complexity)), foi criada de maneira a ser genérica e retornar a maior quantidade possível de artigos; entretanto, isso não foi observado, pois poucos resultados foram obtidos e, por isso, foi preciso aumentar o montante através do Snowballing.

Na base da IEEE, 21 resultados foram retornados; na ACM, apenas dois; na base de dados Scopus, 55; e na Capes, onze. Houve oito publicações em comum Capes e Scopus.

O resultado obtido após a seleção de trabalhos foi de cinco artigos. O procedimento de iterações para trás do Snowballing foi realizado logo em seguida e foram selecionados mais sete trabalhos, a partir da análise do título do artigo.

Após a execução de todos os procedimentos de seleção de trabalhos, a etapa seguinte consistiu na síntese dos resultados. Todos os doze artigos resultantes passaram pela extração de dados de acordo com o que foi definido na subseção anterior.

Após a análise dos doze artigos resultantes do estudo, foram coletadas diversas métricas utilizadas para medir a complexidade de Processos de Negócio. A Tabela 1 apresenta as cinco primeiras métricas coletadas de acordo com a frequência de utilização nos trabalhos analisados.

TABELA 1. LISTA DE MÉTRICAS

Métricas	Frequência
<i>Control-Flow Complexity (CFC)</i>	10
<i>Number of activities in a process (NOA)</i>	4
<i>Halstead-based Process Complexity (HPC)</i>	4
<i>Cognitive Weight (CW)</i>	4
<i>McCabe's cyclomatic complexity (MCC)</i>	4

A seção B apresenta o protocolo utilizado na execução do estudo de caso. O estudo de caso vai auxiliar na validação da relação entre a complexidade de processo de negócio e esforço para desenvolver um sistema de Business Intelligence.

B. Estudo de Caso

Esta seção destina-se a apresentar os procedimentos necessários de um estudo de caso criado para validar a hipótese levantada após a execução do estudo secundário. O protocolo foi criado a partir do template definido por Brereton [10].

1. Contexto

Como resultado do estudo secundário, foram encontradas métricas capazes de calcular a complexidade de processos de negócio. Para que fosse possível responder à questão de pesquisa inicial, foi necessária a condução deste estudo de caso, com o objetivo de validar uma hipótese que relaciona complexidade de processo de negócio com o esforço necessário para desenvolver um sistema de Business Intelligence.

2. Design e Planejamento

Para o design e planejamento deste estudo de caso, foi utilizado o checklist desenvolvido por Host e Runeson [11] junto ao template proposto por Brereton [10].

A seguir serão apresentadas a hipótese, objeto de estudo, papéis envolvidos, artefatos utilizados e forma como foi feita a coleta e análise de dados.

Hipótese. A métrica que obteve a maior quantidade de trabalhos referenciados (CFC) foi utilizada como base para a construção da hipótese que é a questão principal a ser respondida pelo estudo. O Quadro H1 apresenta a hipótese deste estudo.

H1: Quanto maior a complexidade obtida através da aplicação da métrica em um Processo de Negócio, maior também será o esforço necessário para desenvolver uma aplicação de Business Intelligence.

Objeto de Estudo. Foram selecionados três estudos de casos de contextos distintos. Os casos são projetos já desenvolvidos pela empresa Biggdata e o critério de seleção desses casos se deram pela disponibilidade dos dados para análise.

Para manter o sigilo dos dados, não será explicitado nenhum nome e nenhuma informação advinda da empresa contratante.

O primeiro caso é um macroprocesso de licitação e contratos (PI) constituído por dois processos detalhados em quatro subprocessos. O segundo caso é um macroprocesso de auditoria (PII) constituído de dois processos. Finalmente, o terceiro caso é um macro-processo de captação e administração financeira (PIII) constituído de sete processos.

Papéis. A equipe responsável pela execução do Estudo de Caso é composta por duas pessoas:

- Luciano Endo, condutor e executor do Estudo de Caso, à época graduando em Engenharia de Software pela UNB, consultor de BI na empresa Biggdata e interessado pela área; e
- Fabiana Freitas Mendes, responsável por auxiliar na condução e nas definições de diretrizes de execução do Estudo de Caso. Graduada em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Goiás (2008) e mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Goiás (2010).

3. Artefatos e Outros Aspectos do Estudo de Caso

Para contagem dos valores requeridos pela métrica CFC, foram analisados os artefatos relacionados à descrição do processo de negócio da área.

O Documento de Análise de Cenário tem como objetivo descrever o cenário geral das necessidades e características gerais da área, para definição do escopo do projeto de BI da organização. Ele se concentra nas necessidades dos usuários, nas razões que levam a essas necessidades e como elas são atendidas, garantindo consistência e conformidade com os requisitos de negócio a serem implementadas. Além disso, descreve de forma objetiva os processos executados pela área.

A Modelagem do Processo tem como objetivo mostrar graficamente o processo executado pela área, o documento da modelagem do processo normalmente é feito pela própria organização. Entretanto, quando a área não possui esse artefato, pode ser necessária a modelagem por parte da empresa para questões de esclarecimento e entendimento do negócio.

Além dos artefatos, foi fundamental analisar alguns aspectos envolvidos no contexto de desenvolvimento da aplicação de BI, ou seja, a quantidade de pessoas envolvidas no desenvolvimento da aplicação: a complexidade de entendimento do negócio; e a complexidade e qualidade dos dados legados da organização.

4. Coleta de Dados

O principal método para coleta de dados foi a aplicação da métrica CFC nos três processos de negócio. O resultado da aplicação dessa métrica resultou em um dado quantitativo relacionado à complexidade dos processos de negócio. O segundo conjunto de dados contém os dados relacionados ao esforço para desenvolvimento das três aplicações de BI provenientes dos processos de negócio.

Para aplicação da métrica, foi utilizada a metodologia proposta por Cardoso [12], que consiste no cálculo dos fatores que influenciam na complexidade do processo. Todos os dados coletados foram armazenados e analisados em planilha.

5. Análise de Dados

Devido à pequena quantidade de amostras utilizadas nesse estudo, a amostragem de dados não pôde ser feita através de métodos estatísticos. O método de amostragem utilizado se deu através de uma abordagem não probabilística que, segundo Mattar [13], é aquela em que a seleção dos elementos para compor a amostra depende, ao menos em parte, do julgamento do pesquisador ou do entrevistador no campo.

A análise dos dados foi realizada através da comparação e observação direta entre o valor quantitativo obtido com a métrica CFC e o esforço demandado para desenvolver aplicações de BI.

IV. CONTROL FLOW COMPLEXITY (CFC)

A métrica CFC, escolhida para dar continuidade à pesquisa, é a que teve o maior número de referências em trabalhos acadêmicos. Cardoso [12] propôs a Control-Flow Complexity (CFC) para medir a complexidade do fluxo de controle de modelos de Processos de Negócio. Está é uma métrica adaptada da métrica McCabe's Cyclomatic Complexity (MCC). Enquanto a métrica MCC atribui a mesma semântica para todos os nós de decisão, a CFC define os vários nós como portadores de semânticas diferentes, como AND-Split, XOR-Split e OR-Split.

A definição de **XOR-Split**, segundo Cardoso [12], consiste no número de estados mentais que são introduzidos com esse tipo de divisão exclusiva. Para o cálculo do $CFC_{XORsplit}(a)$, deve-se somar a quantidade de fluxos saindo de uma atividade.

A definição de **OR-Split** também consiste no número de estados mentais introduzidos com esse tipo de divisão não exclusiva. Para o cálculo do $CFC_{ORsplit}(a)$, a fórmula é: $2^n - 1$. Onde n é a quantidade de fluxos saindo de uma atividade [12].

Por último, Cardoso [12] define a complexidade de **AND-Split** simplesmente como a saída única de uma atividade: $CFC_{ANDsplit}(a) = 1$

Matematicamente, a métrica CFC é aditiva. Embora seja muito fácil calcular a complexidade absoluta de um processo simplesmente adicionando os valores de todos os Splits:

$$CFC_{abs} = CFC_{ORsplit}(a) + CFC_{XORsplit}(a) + CFC_{ANDsplit}(a)$$

A complexidade relativa é resultante da razão entre a complexidade absoluta pela quantidade de Splits existentes no processo, segundo Cardoso [12]: $CFC_{abs}/\Sigma Splits$

V. RESULTADOS

Os dados obtidos após o processo de coleta são apresentados na Tabela 2.

TABELA II. RESULTADOS OBTIDOS

Processo	AND_Split	XOR_Split	OR_Split	C F C	Esforço (horas)	Produtividade (h/CFC)
PI	43	13	3	59	244h	4.13
PII	7	6	0	13	42h	3.23
PIII	41	13	7	61	274h	4.49

Nota-se em um primeiro momento certa relação entre os valores obtidos da métrica CFC e o esforço despendido para o desenvolvimento das aplicações de BI dos processos de negócio. Quantitativamente, é possível visualizar o crescimento do esforço com o aumento da complexidade CFC medida, isso ajuda a comprovar a hipótese levantada, ainda que fracamente.

Vale ressaltar que o contexto de aplicação da métrica CFC, neste trabalho, não levou em consideração os possíveis fatores externos e os aspectos de influência que podem interferir no resultado final. Há a necessidade de realizar um experimento em que seja possível analisar todas as variáveis envolvidas para uma validação mais forte da hipótese.

Um fator que pode interferir no resultado final e, por isso, merece ser mencionado no presente trabalho, refere-se à metodologia de desenvolvimento de aplicações de BI. É a partir da metodologia de desenvolvimento que se faz possível determinar o escopo do projeto, além da definição dos indicadores envolvidos e o alinhamento da aplicação ao plano estratégico da organização. Todos os fatores previamente citados devem ser incluídos em um experimento para validação, de forma mais segura, da hipótese levantada.

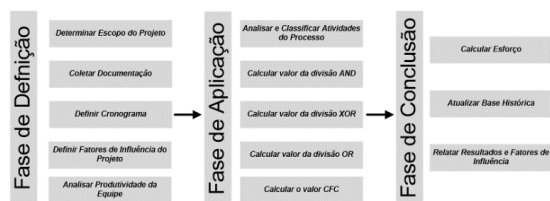
Além do fator supracitado, vale ressaltar que cada ferramenta possui uma característica específica de desenvolvimento, o que deve acarretar, também, na alteração dos resultados do esforço necessário para automatização de um processo de negócio em uma aplicação de BI.

Para auxiliar os desenvolvedores e interessados no desenvolvimento de sistemas BI, é necessário construir uma base histórica contendo informações relevantes, fatores externos e aspectos de influência para que seja possível conduzir os desenvolvimentos de forma controlada. A base histórica irá prover parâmetros de comparação para acompanhamento e melhoria da precisão da estimativa. Pode-se concluir que existem diversos fatores e aspectos que devem influenciar na utilização da métrica CFC. Para reduzir o nível de influência, é necessário levantar, tratar e registrar cada um desses fatores. O estudo de caso mostrou a validade da hipótese desconsiderando os fatores supracitados e, por isso, não pode ser considerado como absoluto. Entretanto, o estudo abriu oportunidades para trabalhos e descobertas futuras.

A seção VI irá apresentar o método CFCBI para estimar o esforço necessário. Método criado tomando como base a hipótese trabalhada no estudo de caso.

VI. MÉTODO CFCBI

O método CFCBI é composto por três fases. Cada uma é composta por atividades necessárias para a conclusão com êxito do cálculo do tamanho de aplicações de BI. O método deve ser aplicado na etapa de Planejamento do Projeto de desenvolvimento de uma aplicação de BI. A Figura 2 apresenta



as fases e as suas respectivas atividades.

Figura 2. Método CFCBI

A. Fase de Definição

Abrange as tarefas necessárias de planejamento. Tem como objetivo principal definir o escopo do processo da aplicação de BI que será desenvolvida.

1. Determinar escopo do projeto

Envolve capturar o contexto em que os processos que serão medidos estão incluídos dentro da organização.

2. Coletar documentação

Realizada após a definição do escopo, todos os documentos necessários para o entendimento do processo são coletados e preparados para análise futura.

3. Definir cronograma

Composta por algumas tarefas: listar as atividades que serão executadas e as datas da sua execução, definir recursos envolvidos, estabelecer riscos envolvidos em cada atividade e identificar e analisar o caminho crítico.

4. Definir fatores de influência do projeto

Abrange o levantamento e definição de fatores que podem alterar no resultado final da aplicação da métrica.

5. Analisar produtividade da equipe

Consiste no levantamento de CFCs produzidos por hora da equipe. A produtividade será necessária na hora de calcular o esforço necessário para desenvolver uma aplicação de BI.

B. Fase de Aplicação

Abrange as tarefas necessárias para o cálculo da métrica CFC. Aqui, são executadas as atividades relacionadas ao cálculo CFC proposto por [14].

1. Analisar e classificar atividades do processo

A classificação da atividade depende da divisão resultante da sua execução, ela pode ser classificada em: AND, XOR e OR.

2. Calcular o valor da divisão AND

Atribuído o valor um para as atividades com divisão AND.

3. Calcular o valor da divisão XOR

Atribuído o valor resultante da soma de quantidade de fluxos saindo da atividade.

4. Calcular o valor da divisão OR

Atribuído o valor resultante da fórmula $2n - 1$, onde n é a quantidade de fluxo saindo da atividade.

5. Calcular o valor CFC

Consiste na soma dos valores atribuídos anteriormente para cada atividade existente no processo sendo analisado.

C. Fase de Definição

Abrange as tarefas para calcular o esforço necessário para desenvolver uma aplicação de BI, relatar o resultado e atualizar a base histórica.

1. Calcular Esforço

O esforço (e) é resultante da relação da produtividade da equipe (p) com o valor resultante da complexidade CFC. A fórmula para cálculo é: $e = CFC/p$.

2. Atualizar base histórica

Atualização da base histórica da empresa com as informações resultantes da aplicação do método CFCBI.

3. Relatar resultados

Compilação dos resultados em formato de relatório, que deverá ser entregue à empresa após a execução do método.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral desse trabalho foi identificar alguma métrica capaz de mensurar o tamanho de sistemas de Business Intelligence. Para que fosse atendido, foi definida uma metodologia de pesquisa visando dar suporte à proposição do trabalho. A metodologia consistiu em cinco macro etapas: Trabalhos Correlatos, Referencial Bibliográfico, Estudo Secundário, Estudo de Caso e Proposta de um Método.

Ao término do protocolo que visava obter trabalhos correlatos, nenhuma métrica relacionada ao tamanho de sistemas de BI foi encontrada, fortalecendo a necessidade da pesquisa. No estudo secundário realizado após a etapa de trabalhos correlatos, foram encontradas métricas de complexidade de processos de negócios e a partir delas foi possível estabelecer uma hipótese que poderia responder a questão levantada. A lista das cinco métricas mais citadas na literatura, resultante do estudo secundário, foi catalogada no presente trabalho.

A partir da lista de métricas previamente levantadas, foi selecionada a métrica com maior número de referências e desenhado um estudo de caso que tinha como objetivo demonstrar, mesmo que de forma fraca, a relação da complexidade do processo de negócio com o esforço necessário para o desenvolvimento de uma aplicação de BI. O estudo de caso foi executado e a hipótese foi comprovada, possibilitando assim que o trabalho pudesse ser continuado e que a questão levantada fosse respondida.

A última etapa do trabalho foi propor, a partir da hipótese, um método de aplicação da mesma. Partes dos objetivos específicos já haviam sido alcançados, mas a questão ainda não tinha sido respondida. Com a proposta do método de aplicação da métrica, o objetivo geral do trabalho foi alcançado.

A. Resultados

Com a execução das atividades do trabalho diversos resultados foram obtidos. Dentre os resultados podem ser citados a lista de métricas utilizada na literatura para medir a complexidade de processos de negócio, uma hipótese validada através da aplicação de um estudo de caso e uma proposta de método de aplicação da métrica identificada como mais relevante no estudo secundário.

A lista de métricas resultou da execução do estudo secundário, e foi apresentada na Tabela 1 de forma ranqueada de acordo com o número de referências nos artigos selecionados.

A hipótese levantada para execução do estudo do caso afirmava que quanto maior a complexidade do processo de negócio, maior também seria o esforço para desenvolver uma aplicação de BI. Durante o estudo de caso, foi possível confirmar a relação afirmada pela hipótese.

O método de aplicação da métrica validada só foi proposto após o término do estudo de caso e pode ser considerado o resultado de maior importância do trabalho. É através do método que a questão desta pesquisa, apresentada na introdução, é respondida e os objetivos do trabalho são alcançados. Além disso, o método deixa espaço para a realização de outras pesquisas.

B. Limitações e Trabalhos Futuros

Ao longo do desenvolvimento do artigo, algumas limitações foram encontradas. Tais limitações expandem o leque de oportunidades para o desenvolvimento de trabalhos futuros. Dentre elas, podemos citar o uso de estudo de caso em vez de experimento, os fatores de influência não controlados e a não utilização do método proposto.

A utilização do estudo de caso em vez do experimento torna a validação da hipótese menos confiável. Isso se dá devido à falta de controle das variáveis que envolvem o estudo. Como trabalho futuro, é necessário executar um experimento com as variáveis envolvidas na pesquisa.

Os fatores de influência não controlados podem alterar o resultado da aplicação da métrica CFC no estudo de caso. Devido ao curto espaço de tempo e a indisponibilidade de projetos reais para a execução do estudo, tais fatores não tiveram suas influências estudadas. Como trabalho futuro, é possível estudar a influência desses fatores no resultado final da complexidade do processo de negócio.

O método proposto não foi validado e nem aplicado em nenhuma situação, ainda que ele esteja embasado em métodos já conhecidos na academia. Como trabalho futuro, é possível utilizar o método proposto em contextos reais de desenvolvimento de sistemas de BI e validar os resultados obtidos após essa execução.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1]. F. V. Primak. *Decisões com BI (Business Intelligence)*. Fabio Vinicius Primak, 2008.
- [2]. G. R. Gangadharan. *Business intelligence systems: Design and implementation strategies*. 2dh Int. Conf. Information Technology Interfaces ITI, 2004.
- [3]. A. Bara, I. Botha, V. Diaconi?, I. Lungu, A. Velicanu, and M. Valicanu. *A model for business intelligence systems development*. Informatica Economica, 2009.
- [4]. T. H. Davenport. *Competing on analytics*. Harvard Business Review, 2006.
- [5]. R. S. Pressman. *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*. McGraw-Hill, Porto Alegre, 7 edition, 2011.
- [6]. C. Jones. *Applied Software Measurement: Global Analysis of Productivity and Quality*. McGraw-Hill Osborne Media, 3 edition, Apr. 2008.
- [7]. J. Biolchini and et al. *Systematic review in software engineering*. Technical Report 05, System Engineering and Computer Science Department COPPE/UFRJ, 2005.

- [8]. B. Kitchenham and P. Brereton. A systematic review of systematic review process research in software engineering. *Information and Software Technology*, 55(12), 2013.
- [9]. C. Wohlin. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *EASE'14*, 2014.
- [10]. P. Brereton, B. Kitchenham, D. Budgen, and Z. Li. Using a protocol template for case study planning. *European Association of Science Editor*, 2008.
- [11]. M. Host and P. Runeson. Checklist for software engineering case study research. *International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, 2007.
- [12]. J. Cardoso. Business process control-flow complexity: Metric, evaluation, and validation. *International Journal of Web Services*, 2008.
- [13]. F. Mattar. *Pesquisa de Marketing*. Elsevier Editora Ltda., 2012.
- [14]. J. Cardoso, J. Mendling, G. Neumann, and H. Reijers. A discourse on complexity of process models. *BPM 2006 Workshops*, 2006.

webQDA - Qualitative Data Analysis Software

Usability Assessment

António Pedro Costa, Francislê Neri de Souza, António Moreira e Dayse Neri de Souza
CIDTFF - Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores
DE/UA- Departamento de Educação, Universidade de Aveiro
Aveiro, Portugal
apcosta@ua.pt; fns@ua.pt; moreira@ua.pt; dayneri@ua.pt

Abstract — The use of qualitative analysis to support software has been growing. The integration of these types of tools in research is accompanied by an increase in the number of software packages available. Depending on the design and research questions, researchers can explore various solutions available in the market. Thus, it is urgent to ensure that these tools, apart from containing the necessary functionality for the purposes of research projects, are also usable. This study presents an assessment of the usability of the qualitative data analysis software webQDA® (version 2.0). To assess its usability, the System Usability Scale (SUS) was used. The results indicate that the current version is "acceptable" in terms of usability. We therefore hope, with this assessment, to make decisions so as to improve the usability of the new version of webQDA® (version 3.0).

Keywords - Usability, Qualitative Computing, Qualitative Research, Qualitative Data Analysis, User Centered Design.

I. INTRODUCTION

The evaluation of usability is much discussed, especially when we approach the graphic interfaces software. The study of usability is critical because certain software applications are "one-click" away from being or not used in an appropriate manner.

Usability comes as the most "rational" side of a product, allowing users to reach specific objectives in an efficient and satisfactory manner. Moreover, the User Experience is largely provided by the feedback on the usability of a system, reflecting the more "emotional" side of the use of a product. The experiment is related to the preferences, perceptions, emotions, beliefs, physical and psychological reactions of the user during the use of a product [1]. Thus, one comprehends "the pleasure or satisfaction" that many interfaces offer users. It is an evidence of efficiency in the integration of the concepts of Usability and User Experience in the development of Human-Computer Interaction solutions (HCI) [2]. Despite being linked, in this article we will focus the study on the dimension of Usability.

When dealing with authoring tools, in which you have to apply your knowledge to produce something, it becomes even more sensitive to gauge the usability of the software. Being webQDA® (www.webqda.net) an authoring tool for qualitative data analysis and a new version of it being developed (available April 2016) [3], it is of extreme relevance not to keep this dimension in mind.

webQDA (Web Qualitative Data Analysis) is a qualitative data analysis software in a collaborative, distributed environment (www.webqda.net). Although there are some software packages that deal with non-numeric and unstructured data (text, image, video, etc.) in qualitative analysis, none of them can be used by several researchers in a collaborative and distributed environment such as the Internet can offer. webQDA is a software directed to researchers in academic and business contexts who need to analyze qualitative data, individually or collaboratively, synchronously or asynchronously. webQDA follows the structural and theoretical design of other programs, being differentiated by providing online collaborative work in real time and a complementary service to support research [4].

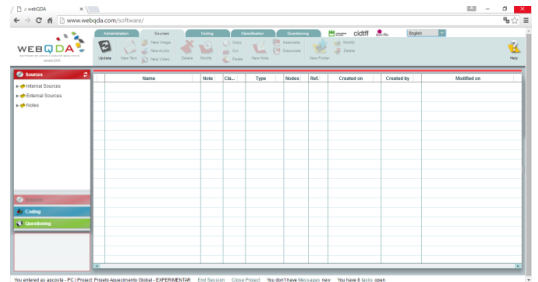


Figure 1. webQDA desktop

Within this article, we define as the main objective to answer the following question: How to assess usability and functionality of the qualitative analysis software webQDA? After these initial considerations, it is important to understand the content of the following sections of this article. Thus, in Section II we will present concepts associated with Qualitative Computing. Section III will discuss the role of User Centered Design in software development. In turn, in Section IV, we present the methods and techniques for assessing the usability of software. In the last section (V), we present the results of this study. And finally, we conclude with the study's findings.

II. QUALITATIVE DATA ANALYSIS SOFTWARE (QDAS)

The use of software for scientific research is currently very common. The spread of these computational tools can be perceived through the popularization of software to quantitative and qualitative research. Nevertheless, are nonspecific and quantitative tools, like Word®, SPSS®, Excel® etc. that there are major incidence or dissemination. This release is also

reflected in the large number of books that can be found to quantitative research. However, the integration of specific software for qualitative research is a relatively minor phenomenon.

In the context of postgraduate educational research in Brazil some authors [6] studied the use of computational resource to research. They concluded that among those reported using software (59.9%), has a higher frequency the use of quantitative analysis software (41,1%), followed by qualitative analysis software (39.4%) and finally the use of bibliographic reference software (15.5%).

The so-called Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software or Computer Assisted Qualitative Data Analysis (CAQDAS) are a kind of systems with more of three decade [7]. Today we can simply call them Qualitative Data Analysis Software (QDAS).

However, even today many researchers are unaware of these specific and useful tools. Puebla [8] specifies at least three types of researchers in the field of qualitative analysis: i) Researchers who are pre-computers - those who prefer colored pencil, paper and note cards; ii) Researchers using non-specific software, such as word processors, spreadsheet calculations and general databases, and iii) Researchers using specific software to analyze qualitative research, such as NVivo, Atlas.it, webQDA, MaxQDA, etc.

We can summarize the story of specific qualitative research software in some chronological points:

- 1) In 1966, MIT developed "The General Inquiry" software to help text analysis, but some authors [9], [10] refer that this was not exactly a qualitative analysis software.
- 2) In 1984, the software Ethnograph comes to light, and still exists in its sixth version. (<http://www.qualisresearch.com/>).
- 3) In 1987, Richards & Richards developed the Non-Numerical Unstructured Data Indexing, Searching and Theorizing (NUD*IST), the software that evolved to the current NVivo index system.
- 4) In 1991, the prototype of the conceptual network ATLAS-ti is launched, mainly related with Grounded Theory.
- 5) Approximately in the transition of the 2000 decade it was possible to integrate video, audio and image, in text analysis of qualitative research software. Nevertheless, HyperRESEARCH had been presented before as software that also allowed to encode and recover text, audio and video. Transcriber and Transana are other software systems that emerged to handle this type of data.
- 6) In 2004, "NVivo summarizes some of the most outstanding hallmark previous software, such as ATLAS-ti - recovers resource coding in vivo, and ETHNOGRAPH - a visual presentation coding system" [10].

- 7) 2009 marks the beginning of the developments of qualitative software in cloud computer contexts. Examples of this are Dedoose and webQDA, that were developed almost simultaneously in USA and Portugal, respectively.
- 8) From 2013 onwards we saw an effort from software companies to develop iOS versions, incorporate data from social networks, multimedia and other visual elements in the analysis process.

Naturally this story isn't complete, we can include other details and software such as MaxQDA, AQUAD, QDA Miner, etc. For example, we can see a more exhaustive list in Wikipedia's entrance: "Computer-assisted qualitative data analysis software".

What is the implication of Qualitative Data Analysis Software on scientific research in general and on qualitative research specifically? Just as the invention of the piano allowed composers to begin writing new songs, the software for qualitative analysis also affected researchers in the way they dealt with their data. These technological tools do not replace the analytical competence of researchers, but can improve established processes and suggest new ways to reach the most important issue in research: to find answers to research questions. Some authors [11], [13] recognize that QDAS allow making data visible in ways not possible with manual methods or non-specific software, allowing for new insights and reflections on a research or *corpus* of data.

Kaefer, Roper, and Sinha [11] wrote a paper with step-by-step QDAS software description about the 230 journal articles analysis about climate change and carbon emissions. They concluded that while qualitative data analysis software does not do the analysis for the researcher, "it can make the analytical process more flexible, transparent and ultimately more trustworthy" [11]. There are obvious advantages in the integration of QDAS in standard analytic processes, as these tools open new possibilities, such as agreed by Richards [7]: i) computers have enabled new qualitative techniques that were previously unavailable, ii) computation has produced some influence on qualitative techniques.

We can summarize some advantage of QDAS: i) faster and more efficient data management; ii) increased possibility to handle large volumes of data; iii) contextualization of complexity; iv) technical and methodological rigor and systematization; v) consistency; vi) analytical transparency; vii) increased possibility of collaborative teamwork, etc. However, many critical problems present challenges to the researchers in this area.

There are many challenges in the QDAS field. Some are technical or computational issues, whereas other are methodological or epistemological prerequisites, although Richard, in 2002 [14], recognized that methodological innovations are rarely discussed. For example, Corti and Gregory [15] discuss the problem of exchangeability and portability of current software. They argue the need of data sharing, archiving and open data exchange standards among QDAS, to guarantee sustainability of data collections, coding and annotations on these data.

Several researchers place expectations on the QDAS' utilities in an unrealistic basis, while others think that the system has insufficient analytical flexibility. Richards [14] refers that many novice researchers develop a so-called "coding fetishism", that transforms coding processes into an end in itself. For this reason, some believe that QDAS can reduce critical reading and reflection. For many researchers, the high financial cost of the more popular QDAS is a problem, but in this paper we would like to focus on the challenge of the considerable time and effort required to learn them.

Choosing a QDAS is a first difficulty, that, in several cases, is coincidental with the process of qualitative research learning. Kaefler, Roper and Sinha [11] suggest to compare and test software through sample projects and literature review. Today, software companies offer many tutorial videos and trial times to test their systems.

Some authors [16] studied the determinant factors in the adoption and recommendation of qualitative research software. They analyzed five factors: i) Difficulty of use; ii) Learning difficulty; iii) Poor relation between quality and price; iv) Poor contribution to research; and v) Insufficient functionality. These authors indicate the two first factors as the ones found most cited in the corpus of the data analyzed:

- "NVivo is not exactly friendly. I took a whole course to learn to use it, and if you don't use it often enough, you're back to square one, as those "how-to" memories tend to fade quickly." **Difficulty of use**
- "I use Nvivo9 and agree that it is more user-friendly than earlier versions. I do not make full use of everything you can do with it however - and I've never come across anyone who does" "NVivo". **Learning difficulty**

In this context it is very important to study the User Experience and Usability of the QDAS, because these types of tools need to be at the service of researcher, and not the opposite, therefore reducing the initial time of learning and increasing the effectiveness and efficiency of all processes of analysis. Usability is an important dimension in the design and development of software. It is important to understand when to involve the user in the process.

III. THE ROLE OF USER CENTERED DESIGN

User Centered Design (UCD) describes the processes of a project where end users have large influence and intervention on how it is conducted. Some UCD methods inquire users about the needs they have in a particular educational area, involving them in specific parts of the development process. On the other hand, there are methods in which users have greater presence, integrating the team, i.e., they are involved as elements throughout the process [17].

UCD is described in ISO 9241-210 [18] - Ergonomics of Human-System Interaction (210: Human-centered design for interactive systems). This standard describes an ideal situation where there are no barriers to the application of UCD assumptions, except for the possible lack of competence on the part of the development team [19]. Authors like Facer and Williamson [20], among others, emphasize that UCD is a

methodology that combines, among other things, the participation of the user and formative evaluation of prototypes. According to the ISO 9241-210 [18] standard, UCD projects are governed by six principles:

- Explicit understanding of users, tasks and environments;
- Establishment of a multidisciplinary team;
- Interaction between the user and the system;
- Active involvement of users;
- User experience; and
- The iteration of design solutions.

Based on what we described in this section, we completely agree with the report "Quality Framework for UK Government Website Design: Usability issues for government websites", when it argues that UCD is a complement to software development methods and not a substitute for them [21].

IV. USABILITY EVALUATION: METHODS AND TECHNIQUES

From the assumptions and methods defined in User Centered Design, it appears that one of the proposed improvements to be implemented requires not only to involve the user in the evaluation (as verifier), but to integrate him/her into the team, as informant or co-designer [22]. Iterative Design is one of the most important methods for User Centered Design, and user satisfaction is the most effective measure [23, 24]. This reinforces the importance of involving the user not only in the evaluation phase, but in all processes.

A. Researcher/User Involvement

Once identified that the phases that the users' involvement in the development process provides a source of knowledge about the context of use, tasks, and how users tend to work later with the software, it is emphasized, however, that the degree of user involvement can vary depending on the tasks being performed. This form of involvement is usually referred to as Participatory Design. For example, Costa [25] mentions the end users move from a less active role, such as checkers (testers), to more interventional roles, such as informers or co-designers [26], and regarded as members of the multidisciplinary team. The new methods of User Centered Design, which aim to integrate the Hybrid Methodology for User Centered Development [27], include the integration of the user in the early stages of the development process.

B. Quality factors for software development

A software quality system must ensure the fundamental objectives:

- **Incorporate quality:** based on the tools used and the software development methodologies;
- **Preserve the quality:** when modifications to the software should seek to maintain the quality level of the previous version.

The ISO 9126 standard also includes six dimensions (Usability, Functionality, Reliability, Efficiency, Service and Portability) that must be taken into account in measuring the

quality of use of a software. Regarding usability, size study of this article relates to a set of attributes that must contain certain software so that users can achieve their goals with efficiency, effectiveness, and satisfaction of use in a particular context of use. Metrics for evaluating usability are:

- **Effectiveness:** accuracy and completeness with which users achieve goals;
- **Efficiency:** resources expended in relation to the accuracy and completeness with which users achieve goals;
- **Satisfaction of use:** comfort and positive attitudes regarding the use of software;
- **Context of use:** comprising users, tasks, equipment (hardware, software and materials), the physical and social environment in which the software is used.

Despite the ISO 9126 providing 6 dimensions, in this study we will focus on the proposal to evaluate the usability of webQDA qualitative analysis software.

For an effective understanding of usability, there are quality factors that can be assessed through the evaluation criteria. Collecting and analyzing data to answer the following questions will help determine if the software is usable or not [28]:

- Is it easy to understand the theme of the software? (Understandable)
- Is it easy to learn to use it? (Ease of learning)
- What is the speed of execution? (Use efficiency)
- Does the user show evidence of comfort and positive attitudes to its use? (Subjective satisfaction),

The criteria defined by the standards are essentially oriented to technical issues. However, for a qualitative analysis to support that a software is of quality it is necessary to take into account the research methodologies. Being an authoring software, researchers / users need to have knowledge of the techniques, processes and tools available in terms of data analysis in qualitative research. For beginners, the learning at the level of the research methodology itself takes place at the

C. Stages in Software Evaluation

The evaluation centered on the User serves three purposes: provide support for decision-making, detect problems, and verify the quality of the software. These objectives make User-Centered Evaluation a valuable tool for multidisciplinary teams, because it justifies their efforts, improving the software and supporting the development team in making decisions regarding the version of the software to implement. According to Velsen et al. [29], depending on the phase you are in the project, evaluation can serve different purposes. In the initial phase, in which there is still no software, evaluation provides information to support decision-making, at an intermediate stage and through the submission of prototypes, allowing to detect problems. In the final phase, already with a full version of the software, it allows assessing its quality (see Table 1).

TABLE 1 – PHASES, FACTORS AND TOOLS

Phases	Factors	Tools
Before the development of the software	Characteristics of the user Requisites of the user	Questionnaires Interviews Focus groups
Prototype of reduced fidelity	Appreciation Perceived utility Aspects of Security and Privacy	Interviews <i>Focus groups</i>
Prototype of high fidelity	Appreciation Adequacy Comprehensibility Aspects of Security and Privacy Usability User behavior User performance	Questionnaires Interviews Think-aloud protocols Observation
Final version of the software	Appreciation Adequacy Aspects of Security and Privacy User experience User satisfaction Usability User performance	Questionnaires Interviews Think-aloud protocols Observation

As shown, for measuring the quality of a software, it is important that assessment takes place throughout the process. Thus, it can be inferred that the more "refined" and suitable for the process of development and evaluation, the better the software quality.

II. WEBQDA USABILITY EVALUATION: METHODOLOGICAL ASPECT

In terms of this article, for the evaluation of usability we applied a questionnaire to users of version 2.0 of webQDA. The results will support decision-making by the development team in the design of version 3.0 of webQDA (www.webqda.net). To evaluate its usability, we used the System Usability Scale (SUS) [30].

A. Using SUS

SUS is generally used after the respondent has had an opportunity to use the system being evaluated, but before any debriefing or discussion takes place. Respondents should be asked to record their immediate response to each item, rather than thinking about items for a long time. All items should be checked. If respondents feel that they cannot respond to a particular item, they should mark the center point of the scale.

B. Scoring SUS

SUS yields a single number representing a composite measure of the overall usability of the system being studied. Note that scores for individual items are not meaningful on their own. To calculate the SUS score, first add the score contributions from each item. Each item's score contribution will range from 0 to 4. For items 1, 3, 5, 7 and 9, the score contribution is the scale position minus 1. For items 2, 4, 6, 8 and 10, the contribution is 5 minus the scale position. Multiply the total result of the scores by 2.5 to obtain the overall value of the SU [30]. If the result is less than 68 points, it should lead the team to conclude that the software faces usability problems.

Less than 50 points may be an indicator that you need to invest in the interface design and its usability.

SUS consists of only 10 closed questions and their respective Likert scale representation (1- Strongly disagree, 5 Strongly agree):

- 1) I think that I would like to use this system frequently.
- 2) I found the system unnecessarily complex.
- 3) I thought the system was easy to use.
- 4) I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.
- 5) I found the various functions in this system were well integrated.
- 6) I thought there was too much inconsistency in this system.
- 7) I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.
- 8) I found the system very cumbersome to use.
- 9) I felt very confident using the system.
- 10) I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.

III. RESULTS

The questionnaire was made available online and sent to the users' database with ongoing projects in webQDA (version 2.0). We obtained 93 responses. We got as an average central tendency 70 points (SD = 14.2), which allows us to conclude that webQDA 2.0 was "acceptable" in terms of usability, according to the SUS criteria. Figure 2 shows the scatter plot of these values with a minimum value of 30 points and a maximum of 100 points.

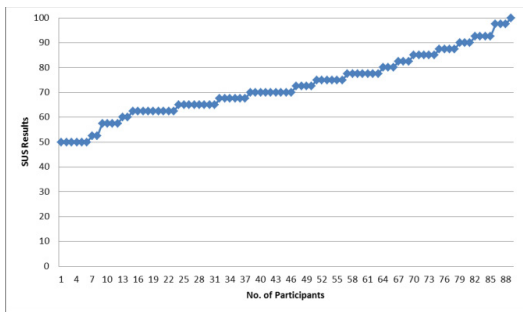


Figure 2. Line graph (SUS results vs No. of participants)

Figure 3 shows the results obtained in figure 2 regarding the level of experience / skill attributed to the use of the qualitative analysis support software. In the application of the questionnaire survey, 4 levels of experience were assigned:

- Level 0 - I do not know use
- Level 1 - Just in need to learn to use a few more features
- Level 2 - Enough to use in my research / survey

- Level 3 - Specialist (can give advice or training)

It is of interest to assess if the level of user-assigned experience influenced the outcome of SUS.

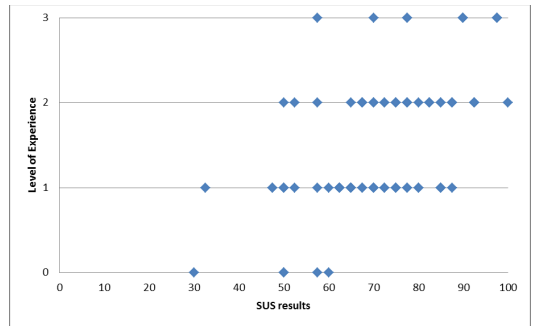


Figure 3. Dispersion graph as to Level of Experience vs SUS results

Analyzing SUS results lower than 68 points, a result which shows that the software can / has usability issues in relation to the level of experience, we obtained:

- Level 0 - 5 participants (5.4%)
- Level 1 - 27 participants (29%)
- Level 2 - 8 participants (8.6%)
- Level 3 - 1 participant (1%)

IV. CONCLUSIONS

In conclusion and in response to our guiding question, we note that the use of the System Usability Scale (SUS) in the evaluation of version 2.0 of webQDA enabled the multidisciplinary team to be in possession of a deeper analysis of the new interface being developed for release 3.0 of webQDA. It is noteworthy that SUS was effective for its speed in obtaining data. They will be enhanced and complemented with the analysis of the open questions also collected in the questionnaire, and we hope to identify the most critical points. The development team is preparing to triangulate these findings with others that have been collected, for example the operating life of the webQDA and its use in a project, and the degree of methodological knowledge (types and research designs) of its users when using the software.

ACKNOWLEDGMENTS

The first author thanks the Foundation for Science and Technology (FCT) the financial support that enabled the development of this study and presentation. The authors thank Micro IO company and its employees for the development of the new version of webQDA and participants of this study.

REFERENCES

- [1] ISO, *Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems*, First edit. Geneva, 2010.
- [2] E. Scanlon, P. Mcandrew, and T. O. Shea, "Designing for Educational Technology to Enhance the Experience of Learners in Distance Education: How Open Educational Resources, Learning Design and Moocs Are Influencing Learning," *J. Interact. Media Educ.*, vol. 1, no. 6,

pp. 1–9, 2015.

- [3] F. N. de Souza, A. P. Costa, and A. Moreira, “webQDA.” Micro IO, Aveiro, 2016.
- [4] F. N. Souza, A. P. Costa, and A. Moreira, “Análise de Dados Qualitativos Suportada pelo Software webQDA,” in *VII Conferência Internacional de TIC na Educação: Perspetivas de Inovação*, 2011, pp. 49–56.
- [5] F. N. de Souza, A. P. Costa, and A. Moreira, “webQDA.” Centro de Investigação Didática e Tecnologia na Formação de Formadores da Universidade de Aveiro e Esfera Crítica, Aveiro, 2011.
- [6] R. A. G. Teixeira, F. Neri de Souza, and R. M. Vieira, “Docentes Investigadores de Programas de Pós-graduação em Educação no Brasil: Estudo Sobre o Uso de Recursos Informáticos no Processo de Pesquisa,” *Rev. da Avaliação da Educ. Super.*, vol. No prelo, pp. 741–768, 2015.
- [7] L. Richards, “Rigorous, Rapid, Reliable and Qualitative? Computing in Qualitative Method,” *Am. J. Heal. Behav.*, vol. 26, no. 6, pp. 425–430, 2002.
- [8] C. A. C. Puebla and J. Davidson, “Qualitative computing and qualitative research: Addressing the challenges of technology and globalization,” *Hist. Soc. Res.*, vol. 37, no. 4, pp. 237–248, 2012.
- [9] R. Tesch, “Introduction,” *Qual. Sociol.*, vol. 14, no. 3, pp. 225–243, 1991.
- [10] C. a. Cisneros Puebla, “Análisis cualitativo asistido por computadora,” *Sociologias*, no. 9, pp. 288–313, 2003.
- [11] F. Kaefer, J. Roper, and P. Sinha, “A Software-Assisted Qualitative Content Analysis of News Articles: Example and Reflections,” *Forum Qual. Sozialforsch.*, vol. 16, no. 2, 2015.
- [12] M. Schreier, *Qualitative Content Analysis in Practice*. London: SAGE Publication, 2012.
- [13] F. Neri de Souza and A. M. António Pedro Costa, “Questionamento no Processo de Análise de Dados Qualitativos com apoio do software webQDA,” *EduSer Rev. Educ. Inovação em Educ. com TIC*, vol. 3, no. 1, pp. 19–30, 2011.
- [14] L. Richards, “Qualitative computing—a methods revolution?,” *Int. J. Soc. Res. Methodol.*, vol. 5, no. 3, pp. 263–276, 2002.
- [15] L. Corti and A. Gregory, “CAQDAS Comparability. What about CAQDAS Data Exchange?,” *Forum Qual. Soc. Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 1–17, 2011.
- [16] I. Pinho, E. Rodrigues, F. Neri de Souza, and G. Lopes, “Determinantes na Adoção e Recomendação de Software de Investigação Qualitativa: Estudo Exploratório,” *Internet Latent Corpus J.*, vol. 4, no. 2, pp. 91–102, 2014.
- [17] C. Abras, D. Maloney-krichmar, and J. Preece, “User-Centered Design,” pp. 1–14, 2004.
- [18] ISO9241-210, “Ergonomics of Human-System Interaction (210: Human-centred design for interactive systems).” Geneva: International Standards Organisation, 2010.
- [19] D. Svanaes and J. Gulliksen, “Understanding the Context of Design - Towards Tactical User Centered Design,” in *Proceedings of the 5th Nordic conference on Human-computer interaction: building bridges (NordCHI2008)*, 2008, pp. 353–362.
- [20] K. Facer and B. Williamson, “Designing educational technologies with users - A handbook from Futurelab,” Futurelab, Bristol, 2004.
- [21] O. of the e-Envoy, “Quality Framework for UK Government Website Design: Usability issues for government websites,” 2003.
- [22] A. Druin, “The Design of Children’s technology,” *Morgan Kaufmann Publ. Inc.*, 1999.
- [23] J.-Y. Mao, K. Vredenburg, P. W. Smith, and T. Carey, “User-centered design methods in practice: a survey of the state of the art,” *Conference of the Centre for Advanced Studies on Collaborative research*. IBM Press, Toronto, Ontario, Canada, 2001.
- [24] J.-Y. Mao, K. Vredenburg, P. W. Smith, and T. Carey, “The state of user-centered design practice,” *Commun. ACM*, vol. 48, no. 3, pp. 105–109, 2005.
- [25] A. P. Costa, L. P. Reis, and M. J. Loureiro, “Lessons Learned on Developing Educational Systems Using a Hybrid User Centered Methodology,” in *New Contributions in Information Systems and Technologies*, Advances i., A. Rocha, A. M. Correia, S. Costanzo, and L. P. Reis, Eds. Switzerland: Springer International Publishing, 2015, pp. 213–222.
- [26] V. Nettet and A. Large, “Children in the information technology design process: A review of theories and their applications,” *Libr. Inf. Sci. Res.*, vol. 26, no. 2, pp. 140–161, Mar. 2004.
- [27] A. P. Costa, L. P. Reis, and M. J. Loureiro, “Hybrid User Centered Development Methodology: An Application to Educational Software Development,” in *Advances in Web-Based Learning – ICWL 2014*, New Horizo., vol. 8699, Y. Cao, T. Väljataga, J. K. T. Tang, H. Leung, and M. Laanpere, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2014, pp. 243–253.
- [28] A. Seffah, T. Mohamed, H. Habieb-Mammar, and A. Abran, “Reconciling usability and interactive system architecture using patterns,” *J. Syst. Softw.*, vol. 81, no. 11, pp. 1845–1852, Nov. 2008.
- [29] L. Van Velsen, T. Van Der Geest, R. Klaassen, and M. Steehouder, “User-centered evaluation of adaptive and adaptable systems: a literature review,” *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 23, no. 03, pp. 261–281, Sep. 2008.
- [30] J. Brooke, “SUS - A quick and dirty usability scale.” 1996.
- [31] K. Toth, “Which is the Right Software Process for Your Problem?,” 2005. .
- [32] Sommerville, *Software Engineering*, 8 Ed^a. Boston: Addison Wesley, 2007.

Modelo X.0 para o Ensino-Aprendizagem

X.0 model for Teaching and Learning

Nuno Peixoto

ISVOUGA

ISVOUGA

Porto, Portugal

npeixoto.numo@gmail.com

Sónia Rolland Sobral

DEGI. Universidade Portualense

Universidade Portualense

Porto, Portugal

sonia@upt.pt

Resumo — O objetivo deste artigo é a narração da construção do modelo X.0 o qual permite aferir o grau de funcionalidade das ferramentas web X.0, possibilitando aos professores perante um determinado conteúdo pedagógico escolher qual das ferramentas web melhor se adequa no auxílio da transmissão do mesmo. Uma parte da construção do modelo utiliza uma metodologia qualitativa para a seleção dos parâmetros de validação das ferramentas web; a outra parte usa uma metodologia quantitativa na avaliação do modelo. A aferição do modelo é feita em dois momentos distintos: um realizado numa fase experimental com o propósito de testar a fórmula de validação das ferramentas web mais utilizadas no mês da análise; e outro efetuado com base em dois estudos de casos reais que permitiram validar as ferramentas web selecionadas pelos formadores que participaram no estudo, sendo analisados uma série de resultados estatísticos úteis para a conclusão do projeto.

Palavras Chave - Avaliação; validação; ferramentas web; ensino; aprendizagem.

Abstract — This article is the story of the construction of the model X.0 which allows measuring the degree of functionality of Web X.0 tools, enabling teachers before a certain educational content choose which best suits web tools to aid the transmission of same. A part of the model construction uses a qualitative methodology for the selection of the validation of web tools parameters; the other party uses a quantitative assessment methodology model. The calibration of the model is done at two different times: one conducted in an experimental phase in order to test the validation formula of the most used web tools in the month of analysis; and another made based on two real case studies that allowed validate web tools selected by the trainers who participated in the study, analyzed a number of useful statistical results for the completion of the project.

Keywords - Evaluation; validation; web tools; education; learning.

I. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, o computador e a internet fazem parte integrante do ensino desde o pré-escolar até ao ensino superior. Os alunos de hoje são frequentemente apelidados de Geração Net (Oblinger & Oblinger, 2005), Geração Polegar (Rheingold, 2002) ou Nativos Digitais (Prensky, 2001). Os nascidos nas últimas duas décadas do século XX convivem diariamente com a tecnologia, e o facto de as manipularem no quotidiano altera a forma como o seu cérebro processa a informação

(Prensky, 2001); refletindo-se na ansiedade e no desempenho escolar.

Com a internet e as suas ferramentas web X.0 surge um novo paradigma social descrito como a sociedade da tecnologia e da informação, onde o importante não é apenas a tecnologia só por si, mas a possibilidade de iteração que esta proporciona através de uma cultura digital (Lévy, 1996).

Nesta nova sociedade, o uso da internet e das ferramentas web contribuem para a sua constante evolução, melhorando a qualidade de vida do indivíduo quando este utiliza este tipo de tecnologias (Godinho, 2004), estas ferramentas moldam os atuais e futuros alunos sendo necessário mudanças profundas nos métodos de ensino e aprendizagem (Franklin & Harmelen, 2007).

Neste contexto, o objetivo deste artigo centra-se na construção de um modelo que possibilite aos docentes perante um determinado conteúdo pedagógico saberem quando e como deverão utilizar uma determinada ferramenta web como auxiliar na transmissão dos mesmos.

Este artigo está organizado de forma a documentar toda a experiência científica realizada estando esta sintetizada logo no início com o resumo, seguido da introdução de contextualização da experiência no ponto 1, no ponto 2 aborda-se a questão de partida do estudo e o seu objetivo definindo-se a metodologia mais adequada para o alcançar, no ponto 3 é realizado um levantamento do que foi feito na última década em Portugal relativamente a estudos de casos utilizando ferramentas web X.0 no ensino-aprendizagem, no ponto 4 são apresentadas todas as fases subjacentes à criação do modelo proposto desde a sua análise até à implementação e avaliação, por último no ponto 5 são tecidas as conclusões da experiência científica realizada.

II. METODOLOGIA

A escolha da metodologia de investigação a utilizar na abordagem de um determinado problema é sempre condicionada por uma série de opções e conceções que têm a ver com a natureza do problema em estudo, os objetivos do estudo, o tipo de questões a que ele procura responder, a perspetiva do investigador relativamente às vias possíveis de abordar esse problema, o papel do investigador no processo de investigação e com os

sujeitos envolvidos na investigação (Bogdan & Biklen, 1994).

Segundo Quivy e Campenhoudt, o objetivo de um projeto de investigação deve ser enunciado em forma de uma pergunta de partida, através da qual o investigador deve exprimir o mais exatamente possível o que procura saber, elucidar e compreender melhor (Quivy & Campenhoudt, 1998). Assim sendo para se adequar a metodologia correta ao estudo foi necessário identificar a pergunta de partida, o presente estudo procurou encontrar a resposta para a seguinte questão de investigação:

- Sendo atualmente as ferramentas web uma das estratégias metodológicas utilizada no ensino-aprendizagem, quais serão as ferramentas web X.O que mais se adequam na transmissão do conhecimento e dos conteúdos pedagógicos?

Como resposta a esta questão foi definido como objetivo principal desta investigação a criação do modelo de apoio às atividades letivas que permite aferir o grau de funcionalidade das ferramentas web no ensino-aprendizagem. Possibilitando desta forma aos professores que perante um determinado conteúdo pedagógico possam escolher qual das ferramentas web se melhor adequam no auxílio da transmissão do mesmo. Identificado o objetivo principal, foram definidos como objetivos específicos deste estudo os seguintes pontos:

- Identificação e aferição dos parâmetros de validação de ferramentas web X.O;
- Construção do modelo com base nos parâmetros selecionados e avaliação experimental utilizando as ferramentas mais utilizadas em Portugal;
- Implementação e avaliação real do modelo com recurso a dois estudos de caso.

A metodologia utilizada para atingir o objetivo identificado será uma combinação da metodologia qualitativa e quantitativa que segundo Michael A. HURBERMAN e Matthew B. MILES este tipo de abordagem pode ser utilizada em investigações que assim o exijam não sendo obrigatório a utilização de um só método, podendo usar-se a combinação de metodologias qualitativas e quantitativas (Miles & Huberman, 1984). Esta opção metodológica foi condicionada pelas etapas em que a construção do modelo se encontra, assim nas fases de análise, desenho, desenvolvimento e implementação do modelo foi utilizada uma metodologia qualitativa e na avaliação e validação do grau de funcionalidade de ferramentas web utilizou-se uma metodologia quantitativa. A triangulação feita através da combinação destas duas metodologias torna o estudo mais consistente (Patton, 2002).

III. REVISÃO DA LITERATURA

Como fonte de informação foi utilizado o Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP, 2012) como fonte de informação dos diversos documentos científicos produzidos em Portugal nesta última década referentes a estudos de casos utilizando ferramentas web X.O no ensino-aprendizagem, este repositório contém mais de

444.536 documentos indexados a 39 repositórios nacionais do ensino.

No período de análise foram identificados 346 documentos que referiam o uso das ferramentas web, havendo uma preferência por parte dos investigadores no estudo de casos práticos aplicado aos alunos do Ensino Superior logo seguido pelos do Ensino Básico.

A maior tendência do tipo de estudos casos foi referente às teses de mestrado (174 – 50%), artigos (122 – 35%), outros tipos de documentos (26 – 8%) e teses de doutoramento (24 – 7%) (gráfico 1).

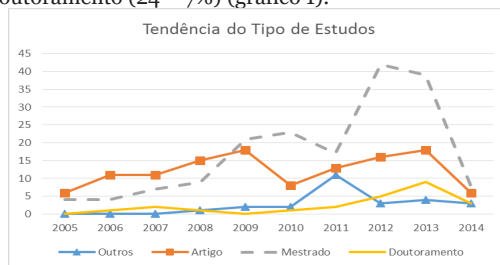


Figure 1. Tendência do tipo de estudos

IV. O MODELO

Na criação de um modelo, Allen's Michael (Allen's, 2003) (Allen's, 2006) (Allen's, 2007) e Donald Clark (Clark, 2000) referem cinco etapas essenciais subjacentes à sua construção: Analisar; Desenhar; Desenvolver; Implementar e Avaliar (gráfico 2).

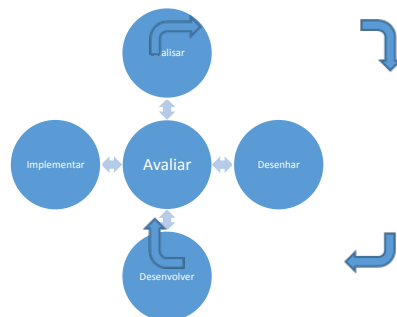


Figure 2. Processo de construção de um modelo, adaptado de Donald Clark (Clark, 2000)

A. Análise

Nesta fase com base na investigação documental e bibliográfica foi possível identificar quatro critérios de sustentabilidade dos parâmetros de validação de ferramentas Web X.O no ensino-aprendizagem: os domínios do saber, a teoria do conectivismo, as ferramentas web (mais concretamente as do tipo LMS - Learning Management System) direcionadas para a gestão de aprendizagem, e a Declaração de Bolonha. A identificação destes critérios foram os pilares base que permitiram selecionar os parâmetros de validação das ferramentas web.

Domínios do saber

Gradualmente, o processo educativo está em transição das disciplinas para as competências. Passa-se de uma

valorização da aprendizagem centrada nas aquisições para uma aprendizagem centrada na ação. Deste modo, uma aprendizagem que não visa unicamente a aquisição dos saberes, mas sobretudo o domínio das ferramentas e dos instrumentos que potenciam a integração de saberes e a sua operacionalização em competências teóricas, cognitivas, instrumentais e sociais (Boterf, 2005). No modelo de Le Boterf, o ensino-aprendizagem incide em três domínios do saber: saber-saber, saber-fazer e saber-ser /saber-estar (Boterf, 2005).

Esta nova conceção de educação é defendida pelo relatório para a UNESCO - Educação, um Tesouro a Descobrir, que entende a sua organização em torno de quatro pilares do conhecimento: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser, que serão úteis também na própria aprendizagem ao longo da vida (Delors, 1996).

Teoria do Conetivismo

O conetivismo aparece pela primeira vez em 2004 por George Siemens (Siemens, 2004), segundo ele a aprendizagem ocorre dentro de ambientes nebulosos não totalmente controlado pelas pessoas, onde o conhecimento pode residir fora de nós, numa organização ou base de dados, sendo as ligações em rede que possibilitam o aprender, mais importantes que o atual estado de conhecimento das pessoas.

O pensador e escritor Augusto de Franco refere que o ser humano foi educado para pensar o que é importante é o que está dentro da nossa cabeça, mas na realidade não é bem assim (Franco, 2012). Esta reflexão crítica está diretamente relacionada com o conetivismo e com o conhecimento que deixa de estar armazenado dentro de nós e passa a estar distribuído pelas ligações que temos. A mesma linha de pensamento é seguida por Karen Stephenson quando refere que guarda o seu conhecimento nos seus amigos (Kleiner, 2002).

Ferramentas web do tipo LMS

Com as ferramentas web X.O o utilizador deixa de ser um mero recetor de informação e a internet passa a ser a plataforma de trabalho (O' Reilly, 2005), no ensino-aprendizagem as ferramentas web que se destacam são as do tipo LMS, ferramentas que possibilitam a gestão completa das atividades formativas, por um lado permitem a gestão pedagógica do curso, e por outro a gestão administrativa dos intervenientes (Hall, 2001).

Estas ferramentas disponibilizam recursos em diferentes formatos como texto, vídeo e áudio, ligações a outros sites, avisos para os alunos, interação professor-alunos através de ferramentas de comunicação, ferramentas de apoio à aprendizagem colaborativa e registo das atividades realizadas pelos alunos, como refere Robin Mason (Mason, 2006).

Atualmente os LMS são ferramentas web muito utilizadas nas instituições de ensino superior e ensino secundário, apoiando o ensino à distância e presencial. A facilidade de disponibilização de conteúdos, de interação através de ferramentas de comunicação síncronas e assíncronas e de colaboração, fazem destas plataformas a

escolha preferencial dos agentes educativos (Carvalho, 2008).

Declaração de Bolonha

A Declaração de Bolonha é subscrita a 19 de Junho de 1999 por 29 Estados Europeus entre os quais o Estado Português (União Europeia, 1999), no plano do ensino, foram feitas recomendações importantes quanto à mudança dos modelos de formação, centrando-os na globalidade da atividade e nas competências que os jovens devem adquirir, e projetando-os para as várias etapas da vida de adulto, em necessária ligação com a evolução do conhecimento e dos interesses individuais e coletivos.

A utilização dos LMS em ambiente b-learning vai de encontro às solicitações da declaração de Bolonha no que diz respeito à carga de trabalho individual do aluno traduzida num Sistema Europeu de Transferência de Créditos (ECTS), onde os créditos do curso não são baseados nas horas de docência do professor, como é tradicional, mas nas horas de trabalho-padrão de que um estudante necessita para adquirir as competências que lhe foram definidas previamente em cada disciplina.

A sustentabilidade

Sempre que se fala em ensino-aprendizagem incide-se em três aquisições e domínios do saber: saber-saber, saber-fazer e saber-ser/saber-estar, rara são as situações onde a aprendizagem ocorre num só domínio. Embora o domínio cognitivo seja frequentemente o mais utilizado, uma metodologia de ensino-aprendizagem só poderá ser considerada completa e abrangente se contemplar estas três aquisições do saber.

Atualmente é fundamental estar-se ligado e organizado em diferentes grupos para que se possa adquirir conhecimento, a aprendizagem que antes era uma atribuição exclusiva da escola conquistou novos espaços onde o formal, o não formal, o informal, o virtual e o físico merecem igual importância (Siemens, 2003).

As ferramentas web do tipo LMS nestes ambientes de aprendizagem representam uma nova metodologia de ensino-aprendizagem, permitindo uma grande flexibilidade de espaço temporal na relação entre a Instituição de Ensino, os professores e os alunos.

As ferramentas web do tipo LMS vão ao encontro das mudanças de paradigmas educacionais previstos nos pressupostos da Declaração de Bolonha (Direção - Geral do Ensino Superior, 2005), onde o modelo de ensino baseado na aquisição de conhecimento passa ao modelo baseado no desenvolvimento de competências, nesse sentido as ferramentas LMS podem contribuir na aquisição dessas novas competências no novo espaço virtual de mobilidade de professores e alunos.

Os 4 pilares, a base da tendência dos atuais ambientes do ensino-aprendizagem, quando analisados em separado as suas características são distintas, mas juntos complementam-se e podem ser úteis em futuros estudos relacionados com o ensino-aprendizagem como por exemplo a seleção de parâmetros que permitam validar ferramentas web no apoio ao ensino.

Os Parâmetros de validação

Os parâmetros de validação selecionados têm características das três vertentes dos domínios do saber, características de distribuição e partilha do conhecimento, cumprem o solicitado pela declaração de Bolonha e enquadram-se nos padrões LMS.

Na aferição das funcionalidades das ferramentas LMS, o ideal teria sido considerar todas as existentes em Portugal. Mas tal torna-se praticamente impossível. Segundo Rodolphe Ghiglione e Benjamin Matalon, nunca é possível conhecer toda a população e o que se ganha em rigor é mínimo em relação a uma amostra mais razoável (Ghiglione & Matalon, 2001).

Além disso e segundo Andrade e Lagarto (Andrade & Lagarto, 2009), apesar das diferenças significativas dos LMS no que respeita ao aspeto e características de funcionamento, a sua evolução visa um modelo único e comum. Este modelo deverá satisfazer as necessidades transversais dos diversos contextos pedagógicos.

Nesse sentido apenas foram analisadas as ferramentas LMS mais utilizadas em Portugal e dentro dessas as cinco mais significativas, esta análise teve por base o estudo realizado em 2007 pela Delta Consultores e a Perfil Psicologia e Trabalho Lda., intitulado Estudo das Plataformas de Formação a Distância em Portugal (Delta Consultores & Perfil Psicologia e Trabalho, 2007), projeto financiado pela União Europeia, pelo Estado Português e pelo POEFDS (tabela1).

Tabela 1: Principais Funcionalidade das Ferramentas LMS Analisadas (M: MOODLE; T: Teleformar; F:Formare; D: Dokeos; B: Blackboard)

Ferramentas Funcionalidades	M	T	F	D	B
Agenda de curso		✓	✓		✓
Bibliografia		✓	✓		✓
Chat	✓	✓	✓	✓	✓
e-mail	✓		✓		✓
Alertas		✓	✓	✓	✓
Download			✓		
Glossário	✓	✓		✓	✓
Fórum	✓	✓	✓	✓	✓

Na análise individual das 5 ferramentas LMS conseguiu-se aferir as suas funcionalidades, por uma questão objetiva e para não fugir ao tema principal do estudo na sua comparação optou-se por selecionar apenas as principais funcionalidades. No entanto nesta análise, embora não esteja retratado na Tabela 1, pode concluir-se que as ferramentas LMS possuem muitas funcionalidades em comum como: criação e gestão de base de dados, suporte multi-idioma, perfil dos participantes, Chat, fórum, funcionam em plataformas similares e possuem interface gráfica simples e padronizado proporcionando facilidade de utilização e de aprendizagem.

Da aferição das funcionalidades das ferramentas LMS e da pesquisa sistemática de artigos e revistas científicas,

os parâmetros selecionados para a construção do modelo que irá permitir avaliar as diversas ferramentas web, foram os seguintes:

- Fórum - Atividade que permite diálogos assíncronos sobre um tema;
- Trabalho - Permite ao professor atribuir tarefas online ou offline;
- Chat - Possibilidade de comunicação síncrona, através de pequenas mensagens, entre professores e alunos;
- Referendo - Atividade onde o professor pode criar uma questão com enumeras opções para recolha da opinião dos alunos;
- Diálogo - Permite uma comunicação assíncrona privada entre o professor e um aluno ou entre alunos;
- Glossário - Possibilidade dos participantes da disciplina criarem dicionários de termos mais usados e relacionados com uma disciplina;
- Lição - Atividade que permite criar e gerir um conjunto de páginas ligadas;
- Teste - O professor poder construir uma base de dados de perguntas com diferentes formatos de respostas;
- Questionário - Permitir construir inquéritos aos participantes;
- Wiki - A possibilidade da construção de um texto por vários participantes, onde cada um dá o seu contributo e/ou revê o texto;
- Recursos - Permitir a possibilidade de incluir conteúdos de diversos formatos;
- Workshop - Atividade que permita a coordenação de trabalhos de grupo;
- SCORM (Sharable Content Object Reference Model) - Permitir a exportação e importação de conteúdos de outras plataformas LMS.

B. Desenho

A fase do desenho assegura o desenvolvimento do modelo experimental, em que se realiza a definição detalhada da arquitetura global do modelo. Este processo deriva dos resultados da fase de análise e termina no esboço do modelo experimental que irá ser desenvolvido no futuro (Clark, 2000), o planeamento estruturado do modelo é constituído por 4 passos:

- Definição de restrições – Foram definidas duas restrições, a primeira relativa à abrangência do estudo onde foram consideradas apenas as ferramentas web utilizadas em Portugal e a segunda relacionada com a exequibilidade do estudo, tendo sido analisadas numa fase experimental da avaliação do modelo apenas as cinco ferramentas mais utilizadas diariamente em Portugal na fase da avaliação real do modelo já foram utilizadas as ferramentas web

apropriadas aos interesses dos formadores que participaram no estudo de caso;

- Critérios de seleção – Tendo em consideração as restrições estabelecidas foram definidos os métodos que as permitiram identificar, para selecionar as cinco ferramentas mais utilizadas em Portugal no mês de análise desta investigação, o critério de seleção foi o site Alexa – The Web Information Company (Alexa, 2014);
- Especificação de requisitos – Definiu-se quais os critérios de sucesso do modelo, requisitos ao nível das expectativas esperadas e escolha do tipo de avaliação que será realizada, nesse propósito reuniu-se os parâmetros de validação em três grupos: Comunicação; Gestão de Ensino-Aprendizagem e Avaliação.

Comunicação - contém os parâmetros que permitem estabelecer uma transmissão síncrona e assíncrona do conhecimento e aprendizagem entre o professor e aluno ou aluno e aluno. Fazem parte deste grupo os parâmetros: Fórum; Chat e Diálogo.

Gestão de Ensino-Aprendizagem - contém os parâmetros que permitem fazer o acompanhamento e auxiliar o professor na transmissão do conhecimento do ensino-aprendizagem aos alunos. Fazem parte deste grupo os parâmetros: Trabalho; Glossário; Questionário; Wiki; Recursos e SCORM.

Avaliação - reúne todos parâmetros que possibilitam que o professor efetue uma avaliação contínua do aluno no seu processo de aquisição de conhecimento no ensino-aprendizagem. Fazem parte deste grupo os parâmetros: Referendo; Lição; Teste e Workshop.

A cada um destes grupos foi atribuído percentualmente um grau de funcionalidade mediante a importância que cada um representa no processo de aprendizagem, tendo sido criada uma heurística matemática que permitiu aferir o valor, a todos os parâmetros constantes do modelo atribui-se a seguinte nomenclatura (1):

$$A = \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\} \text{ com } \alpha_i \subset A \text{ e } i \in \mathbb{Z}^+$$

Onde α representa todos os parâmetros constantes no modelo.

Ao grupo comunicação atribui-se a seguinte nomenclatura (2):

$$X = \{\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n\} \text{ com } \chi_i \subset X \text{ e } i \in \mathbb{Z}^+$$

Onde χ representa os parâmetros do grupo comunicação.

Ao grupo gestão de ensino-aprendizagem atribui-se a seguinte nomenclatura (3):

$$B = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n\} \text{ com } \beta_i \subset B \text{ e } i \in \mathbb{Z}^+$$

Onde β representa os parâmetros do grupo gestão ensino-aprendizagem.

Ao grupo avaliação atribui-se a seguinte nomenclatura (4):

$$Y = \{v_1, v_2, \dots, v_n\} \text{ com } v_i \subset Y \text{ e } i \in \mathbb{Z}^+$$

Onde v representa os parâmetros do grupo avaliação.

Inicialmente atribui-se o peso de 1° de funcionalidade a cada um dos parâmetros α (α°) constantes no modelo. Considerando que o grupo avaliação (Y) é o que mais contribui no processo de aprendizagem do aluno, não só pela componente da avaliação propriamente dita, mas também porque os parâmetros são os que permitem ao professor abordar e transmitir melhor os conteúdos pedagógicos; calculou-se percentualmente o grau de funcionalidade do grupo avaliação (Y°) com base no produto da soma dos graus de todos os parâmetros do modelo pela quantidade de parâmetros do grupo Y (5):

$$Y^\circ = \frac{\sum \alpha^\circ_i \times \sum v_i}{100} \text{ com } i \in \mathbb{Z}^+$$

Sendo o modelo constituído por treze parâmetros de validação, cada parâmetro do grupo Y irá ter um grau de funcionalidade (v°) de 13% e o Y° irá ser de 52%.

No grupo gestão ensino-aprendizagem (B), os seus parâmetros β têm fortes características no domínio pedagógico. Por essa razão, o grau de funcionalidade deste grupo (B°) foi calculado percentualmente com base no produto da quantidade de parâmetros do grupo B pelo arredondamento por excesso da metade do grau de funcionalidade do valor do parâmetro do grupo Y , representado pela nomenclatura $\overline{v^\circ/2}$ (6):

$$B^\circ = \frac{\sum \beta_i \times \overline{v^\circ/2}}{100} \text{ com } i \in \mathbb{Z}^+$$

Sendo $\overline{v^\circ/2}$ de 7% e consequentemente o grau de funcionalidade de cada parâmetro do grupo B (β°), o B° irá ser de 42%.

Dos três grupos, comunicação (X) foi considerado o que menos proporciona capacidade de participação em todo o processo de aprendizagem do aluno. Assim sendo, o grau de funcionalidade deste grupo (X°) foi calculado percentualmente com base no produto da quantidade de parâmetros do grupo X pelo arredondamento por excesso do quádruplo do grau de funcionalidade do valor do parâmetro do grupo B , representado pela nomenclatura $\overline{\beta^\circ/4}$ (7):

$$X^\circ = \frac{\sum \chi_i \times \overline{\beta^\circ/4}}{100} \text{ com } i \in \mathbb{Z}^+$$

Sendo $\overline{\beta^\circ/4}$ de 2% e consequentemente o grau de funcionalidade de cada parâmetro do grupo X (χ°), o X° irá ser de 6%.

- Revisão da especificação – Tendo em consideração os critérios identificados no passo anterior será enunciada a fórmula matemática que permitirá ao modelo aferir quantitativamente o grau de funcionalidade de

determinada ferramenta web no ensino-aprendizagem.

Assim sendo, heurística matemática que permitirá ao modelo aferir quantitativamente o grau de funcionalidade de determinada ferramenta web no ensino-aprendizagem é representada pela função $f(X; B; Y)$ (8):

$$f(X; B; Y) = 2\% * \sum \chi_i + 7\% * \sum \beta_j + 13\% * \sum v_k \text{ com } i, j \text{ e } k \in \mathbb{Z}_0^+$$

Onde χ, β e v são os parâmetros se presentes na ferramenta web a avaliar.

4.3. Desenvolvimento

Tendo sido definido os parâmetros de validação, as restrições consideradas necessárias e os requisitos de validação das ferramentas web, o modelo desenvolvido e proposto neste estudo encontra-se reproduzido na Tabela 2. Na avaliação experimental, com propósito de testar a fórmula criada, utilizou-se cinco ferramentas web que no mês da análise foram as mais usadas em Portugal, estas foram identificadas anteriormente na fase de desenho aquando da identificação do critério de seleção da segunda restrição

Table 1 Modelo de Validação de Ferramentas Web X.0 no Ensino-Aprendizagem.

	google.pt	facebook.com	youtube.com	neobux.com	wikipedia.org
Comunicação (6%)					
Fórum		✓	✓	✓	✓
Chat		✓	✓		
Diálogo		✓	✓		
		6%	6%	2%	2%
Gestão de Ensino-Aprendizagem (42%)					
Trabalho	✓	✓	✓		✓
Glossário					✓
Questionário					✓
Wiki					✓
Recursos		✓	✓		✓
SCORM		✓	✓		
	7%	21%	21%		21%
Avaliação (52%)					
Referend					
Lição					
Teste					
Workshp					
Grau Funcionalidade $f(X; B; Y)$					
	7%	27%	27%	2%	23%

C. Implementação e Avaliação

A implementação e avaliação do modelo teve por base o estudo de dois casos distintos, no primeiro estudo (Estudo caso A) a população alvo foi constituída por 22 formandos de uma modalidade de educação e formação de vida ativa. Neste estudo o referencial de formação pertence à área de educação e formação de ciências informáticas, com o itinerário de educação e formação de instalação e operação de sistemas informáticos, nível 2. A unidade de formação (UF) que permitiu avaliar o modelo foi a de arquitetura de computadores com a duração de 50h.

O segundo estudo de caso (Estudo caso B) teve a participação de 20 formandos de uma modalidade de educação e formação de vida ativa, cujo referencial de formação pertence à área de educação e formação de comércio. Neste estudo, o itinerário de educação e formação de técnico/a comercial nível 4. E a unidade de formação que permitiu avaliar o modelo foi a de língua inglesa – atendimento com a duração de 50h.

Estudo caso A

O conteúdo programático da UF Arquitetura de computadores (Agência Nacional para a Qualificação e Ensino Profissional, 2008a) é constituído por uma parte teórica que embora no total da carga horária não seja significativa, mas para formandos de cariz tecnológico isso é um entrave ao sucesso e aprendizagem do mesmo. Por experiencias anteriores relatadas pelo formador os formandos demonstraram uma certa renitência à aprendizagem dos conteúdos teóricos, para dinamizar a sessões optou-se por recorrer ao uso das ferramentas web X.0.

Para combater o absentismo na aprendizagem desta UF, foram selecionadas quatro ferramentas web, três de partilha de conteúdos (Youtube, Facebook e Google Drives / Google Docs), uma de pesquisa (Google). A opção destas ferramentas partiu do formador e teve a ver com o idealizado por ele para a transmissão dos conteúdos teóricos no qual incidia na visualização de uns vídeos sobre Hardware e Software e da elaboração de um trabalho prático com recurso a pesquisas na internet.

Na avaliação do modelo a ferramenta com o maior grau de funcionalidade foi o Google Drives / Docs, em segundo lugar o Youtube e Facebook e por último o Google. Tendo em consideração os objetivos concebidos pelo formador para a transmissão dos conteúdos da UF, este optou pelo Google Drives / Docs e pelo Youtube.

Na última sessão, os formandos responderam a um Diagnóstico Final de avaliação de satisfação referente aos conteúdos programáticos abordados e à metodologia utilizada. Relativamente aos conteúdos, mais de metade dos formandos (74%) acharam gratificante, cujo dos quais 38% muito e 36% algum, apenas 4% nada e 22% pouco gratificante. Quanto às metodologias utilizadas, 93% está de acordo, estando a opinião dividida de igual forma 46% pelo muito e algum, apenas 7% esteve pouco e 0% nada de acordo.

Estudo caso B

O conteúdo programático da UF Língua Inglesa – Atendimento (Agência Nacional para a Qualificação e Ensino Profissional, 2008b) utiliza muito técnicas de ouvir, falar, ler e escrever na aprendizagem da língua inglesa, sendo o conteúdo do atendimento mais complexo de assimilar pelo seu vocabulário específico e comunicação verbal. O Inglês não sendo a língua materna dos formandos e gramaticalmente ter alguma complexidade, esta UF é tradicionalmente de difícil aprendizagem. Por experiências anteriores relatadas pelo formador os formandos demonstraram alguma dificuldade na compreensão e aprendizagem dos conteúdos, para dinamizar a sessões, optou-se por recorrer ao uso das ferramentas web X.o.

Para combater as dificuldades anteriormente encontradas, foram selecionadas quatro ferramentas web, três de partilha de conteúdos (Youtube, Facebook e Google Drives / Google Docs), uma de pesquisa (Google). A opção destas ferramentas partiu do formador e teve a ver com o idealizado por ele para a transmissão dos conteúdos da UF no qual incidia na visualização de uns vídeos falados em inglês sem legendas e da elaboração de um trabalho prático com recurso a pesquisas na internet.

Por casualidade as ferramentas web selecionada pelo formador foram as mesmas do estudo anterior, assim sendo os resultados obtidos na avaliação do Modelo de Validação de Ferramentas Web X.o no Ensino-Aprendizagem são os mesmos do Estudo de caso A. Tendo em consideração os objetivos concebidos pelo formador para a transmissão dos conteúdos da UF, neste estudo de caso este optou pelas ferramentas web Youtube e o Google.

Na última sessão, os formandos responderam a um Diagnóstico Final de avaliação de satisfação referente aos conteúdos programáticos abordados e à metodologia utilizada. Relativamente aos conteúdos, mais de metade dos formandos (81%) acharam gratificante, cujo dos quais 26% muito e 55% algum, apenas 2% nada e 17% pouco gratificante. Quanto às metodologias utilizadas, 94% está de acordo, sendo dos quais 35% pelo muito e 59% algum, apenas 6% esteve pouco e 0% nada de acordo.

Conclusões finais de ambos os estudos de caso

O objetivo principal destes estudos de caso não foi saber de que forma as funcionalidades de algumas ferramentas web escolhidas pelos formadores contribuem para o sucesso de um determinado conteúdo pedagógico mas sim se algumas ferramentas web com determinadas funcionalidades puderam contribuir para esse sucesso. Nesse sentido e considerando as experiências anteriores relatadas pelos formadores referentes à transmissão dos conteúdos programáticos de módulos tradicionalmente complicados de assimilar e compreender, como sendo o caso do Hardware e Software e do Inglês Comercial, pode-se dizer que a escolha das ferramentas web através do modelo foi apropriada já que no final 74% dos formandos do Estudo de caso A achou gratificante a utilização das ferramentas web X.o na compreensão dos

conteúdos e 81%no Estudo caso B, valores muito acima da média.

Verificou-se que a transmissão dos conteúdos implicou maior esforço dos formadores, tendo estes que reestruturar as sessões em função das ferramentas web X.o utilizadas, contudo todo o esforço foi recompensado notando-se um maior desempenho e motivação por parte dos formandos, atingindo estes melhores resultados na avaliação comparativamente com as experiências descritas anteriormente pelos formadores.

V. CONCLUSÃO

A grande motivação dos autores neste estudo foi a criação de um modelo que conseguisse aferir o grau de funcionalidade de ferramentas web usadas pelos alunos no seu quotidiano, reutilizando-as de uma forma mais eficiente e proveitosa no processo do ensino-aprendizagem.

Em resposta à questão de investigação colocada no início, nos dois estudos de caso os formadores conseguiram aferir através de um diagnóstico final de avaliação de satisfação entregue aos formandos que a utilização das ferramentas web X.o selecionadas previamente através do modelo foram uma opção de sucesso.

Tendo em conta a adesão dos formandos na utilização das ferramentas web X.o nestes dois estudos de caso, as ferramentas previamente selecionadas pelos formadores utilizando o modelo de validação foi uma estratégia metodológica adequada na transmissão do conhecimento e conteúdos pedagógicos das UF's propostas.

Tendo em consideração que os resultados foram obtidos em contexto real de aprendizagem, esta investigação revelou-se um contributo na utilização do modelo na escolha da ferramenta web X.o para a transmissão de conteúdos programáticos de módulos tradicionalmente complicados de assimilar e compreender, como tendo sido o caso do Hardware e Software e do Inglês Comercial.

Como implicações futuras sugere-se a utilização do modelo noutras atividades modulares como forma de consolidar o estudo e permitir ao professor aferir o grau de funcionalidade de outras ferramentas web X.o., muitas das vezes ferramentas utilizadas pelos alunos fora do contexto de aula e que uso das mesmas na aprendizagem poderá ser uma maior valia tanto para o aluno como para o professor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Agência Nacional para a Qualificação e Ensino Profissional. (2008a). Arquitetura de Computadores. Retrieved September 23, 2014, from <http://www.catalogo.anqep.gov.pt/UFCD/Detalhe/735>
- Agência Nacional para a Qualificação e Ensino Profissional. (2008b). Língua inglesa - Atendimento. Retrieved September 23, 2014, from <http://www.catalogo.anqep.gov.pt/UFCD/Detalhe/418>

- Alexa. (2014). Top Sites in Portugal - 02/2014. Retrieved February 24, 2014, from <http://www.alexa.com/topsites/countries/PT>
- Allen's, M. (2003). *Michael Allen's Guide to E-Learning: Building Interactive, Fun, and Effective Learning Programs for Any Company*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Allen's, M. (2006). *Creating Successful E-Learning : A Rapid System For Getting It Right First Time, Every Time*. San Francisco: Pfeiffer.
- Allen's, M. (2007). *Designing Successful e-Learning, Michael Allen's Online Learning Library: Forget What You Know About Instructional Design and Do Something Interesting*. San Francisco: Pfeiffer.
- Andrade, A., & Lagarto, J. (2009). *Morfologia da inovação educativa baseada em TI*. Artigo publicado em acta do I Congresso de Docência Universitária - Universidade de Vigo.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Coleção Ciências da Educação (Vol. 12). Porto Editora.
- Boterf, G. (2005). *Construir as Competências Individuais e Colectivas*. Edições Asa.
- Carvalho, A. (2008). Os LMS no Apoio ao Ensino Presencial: dos conteúdos às interações. *Revista Portuguesa de Pedagogia*, 22.
- Clark, D. (2000). *Instructional System Design: The ADDIE Model A Handbook for Practitioners*. Retrieved February 12, 2014, from <http://www.nwlink.com/~donclark/hrd/sat.html>
- Delors, J. (1996). *Educação, um Tesouro a Descobrir - Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI*. Edições Asa.
- Delta Consultores, & Perfil Psicologia e Trabalho, L. (2007). *Estudo das Plataformas de Formação a Distância em Portugal*. estudo das plataformas de elearning em portugal. Retrieved from <http://elearning-pt.com/lms4/index.php/arquivo/41-ultimas-noticias/38-lms2-estudo-das-plataformas-de-elearning-em-portugal-relatorio-final>
- Direção - Geral do Ensino Superior. (2005). ECTS: European Credit Transfer System (Sistema europeu de transferência de créditos). Retrieved January 28, 2014, from <http://www.dges.mctes.pt/DGES/pt/Estudantes/Processo de Bolonha/Objectivos/ECTS>
- Franco, A. (2012). *Hierarquia: A Matrix Realmente Existente. Escola de Redes*. Escola de Redes.
- Franklin, T., & Harmelen, M. (2007). *Web 2.0 for Content for Learning and Teaching in Higher Education*.
- Ghiglione, R., & Matalon, B. (2001). *O Inquérito - Teoria e Prática*. (A. Saint-Maurice, Ed.) *Métodos e Técnicas*. Celta Editora.
- Godinho, F. (2004). *Tecnologias de Informação sem Barreiras no Local de Trabalho*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro-UTAD.
- Hall, B. (2001). *New Technology Definitions*. Retrieved January 22, 2014, from <http://www.brandonhall.com/public/glossary/glossary.html>
- Kleiner, A. (2002). Karen Stephenson's Quantum Theory of Trust, 14. Retrieved from <http://www.netform.com/html/s+b article.pdf>
- Lévy, P. (1996). *O que é Virtual?* (Ed. 35). Editora São Paulo.
- Mason, R. (2006). *The Virtual University*. Unesco, 20.
- Miles, M., & Huberman, A. (1984). *Qualitative Data Analysis: A Sourcebook of New Methods*. SAGE PUBL INC P O BOX 5024 BEVERLY HILLS CA 90210USA 1984 264. Sage Publications. Retrieved from <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0654/84002140-d.html>
- O' Reilly, T. (2005). *What Is Web 2.0 Design Patterns and Business Models for the Next Generation of Software*. Retrieved March 6, 2013, from <http://oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>
- Oblinger, D., & Oblinger, J. (2005). *Educating the Net Generation*. (EDUCAUSE, Ed.).
- Patton, M. (2002). *Qualitative research and evaluation methods*. (R. Stallings, Ed.) *Qualitative Inquiry* (Vol. 3rd). Sage Publications.
- Prensky, M. (2001). *Digital Natives, Digital Immigrants*. From *On the Horizon* - MCB University Press, Vol 9 N° 5.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. (1998). *Manual de investigação em Ciências Sociais*.
- RCAAP. (2012). *RCAAP - Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal*. Retrieved May 11, 2012, from <http://www.rcaap.pt/>
- Rheingold, H. (2002). *Smart Mobs. The next social revolution*. (B. Books, Ed.). Basic Books.
- Siemens, G. (2003). *Learning Ecology, Communities, and Networks: Extending the Classroom*. Retrieved January 23, 2014, from http://www.elearnspace.org/Articles/learning_communities.htm
- Siemens, G. (2004). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*. Retrieved January 17, 2014, from <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>
- União Europeia. (1999). *Declaração de Bolonha de 19 de Junho de 1999, declaração conjunta dos ministros da educação europeus*.

A Maturity Model for Information Governance

Diogo Proença, Ricardo Vieira, José Borbinha
IST / INESC-ID
Lisbon, Portugal
{diogo.proenca,rjcv,jlb}@tecnico.ulisboa.pt

Abstract — Information Governance (IG) as defined by Gartner is the “specification of decision rights and an accountability framework to encourage desirable behavior in the valuation, creation, storage, use, archival and deletion of information. Includes the processes, roles, standards and metrics that ensure the effective and efficient use of information in enabling an organization to achieve its goals”. In this paper, we present how to create an IG maturity model based on existing reference documents. The process is based on existing maturity model development methods. These methods allow for a systematic approach to maturity model development backed up by a well-known and proved scientific research method called Design Science Research. Then, based on the maturity model proposed in this paper, an assessment is conducted and the results are presented, this assessment was conducted as a self-assessment in the context of the EC-funded E-ARK project for the seven pilots of the project. The main conclusion from this initial assessment is that there is much room for improvement with most pilots achieving results between maturity level two and three. As future work, the goal is to analyze other references from different domains, such as, records management. These references will enhance, detail and help develop the maturity model making it even more valuable for all types of organization that deal with information governance.

Keywords - Information Governance, Maturity Model.

I. INTRODUCTION

A maturity model defines a pathway of improvement for organizational aspects and is classified by a maturity level. The maturity levels often range from one to five, from the lowest to the highest, Initial, Managed, Defined, Quantitatively Managed and Optimizing (however, the number of levels can vary, depending on the domain and the concerns motivating the model). Maturity models can be used for assessing and/or achieving compliance since they allow the measurement of a maturity level and, by identifying the gap between the current and pursued level, allow the planning of efforts, priorities and objectives in order to achieve the goals proposed.

The use of maturity models is widely used and accepted, both in the industry and the academia [2]. There are numerous maturity models, virtually one for each of the most trending topics in such areas as Information Technology or Management. Maturity Models are widely used and accepted because of their simplicity and effectiveness. They depict the current maturity level of a specific aspect of the organization, for example IT, Outsourcing or Project Management, in a meaningful way, so that stakeholders can clearly identify

strengths and improvement points and prioritize what they can do in order to reach higher maturity levels, showing the outcomes that will result from that effort which enables stakeholders to decide if the outcomes justify the effort needed to go to higher levels and results in a better business and budget planning.

The remaining of this paper is structured as follows: Section II presents the related work that can influence the development of the maturity model, Section III presents the development strategy for the maturity model as well as a first example of the maturity model based on the ISO16363 and based on the levels from SEI CMMI [3]. Section IV presents the results of the initial assessment and evaluation of the maturity model. Section V presents the conclusions of this paper. The maturity model presented here is being developed in the context of the E-ARK project.

II. RELATED WORK

A. Maturity Model Development Method

There are various examples of maturity models developed for the information management and records management areas, as shown in Section II.B.

However, many of these maturity models have been developed in an ad hoc way, with no regard for detailed documentation of development, comparison with other models and even without following a certain process based on best practices from previous maturity model development efforts.

Despite there being several methods for maturity model development we focused in the one presented in [1], as it is backed by a Design Science Research (DSR) method [4], making it useful both for the industry and the academia. This method is founded in eight requirements (R1 – R8) [1]:

- R1 – **A Comparison with existing maturity models** is presented and clearly argues for the need of a new model or the adaptation of an existing one;
- R2 – **Iterative Procedures** are followed to ensure a feedback loop and refinement;
- R3 – The principles, quality and effectiveness behind the design and development effort of a maturity model should pass through an iterative **Evaluation** step;
- R4 – The design and development of maturity models should follow a **Multi-methodological Procedure** which use must be well founded;

- R5 – During the development of a maturity model there should be a clear **Identification of Problem Relevance** so that the problem solution can be relevant to practitioners and researchers;
- R6 – **Problem Definition** should include the application domain for the maturity model and also detail the intended benefits and constraints of application;
- R7 – There should be a **Targeted Presentation of Results** regarding the users’ needs and application constraints;
- R8 – The design of a maturity model must include **Scientific Documentation**, which details the whole process design for each step of the process, as well as, the methods applied, people involved and the obtained results.

The claim of these authors [1] is that these fundamental requirements should drive the development of every maturity model. Apart from evaluating well-known models according to these dimensions, the authors also delineate a set of steps to correctly develop a maturity model. It depicts which documentation should result from each step, and includes an iterative maturity model development method that proposes that each iteration of the maturity model should be implemented and validated before going to a new iteration.

B. Maturity Models

This section presents several maturity models from the Information Management, Records Management and Information Governance domains that influenced the development of the maturity model proposed in this paper. Each Maturity Model is presented starting with a small description of the model, the aim of the model, scope, attributes and levels. These attributes further detail the maturity model by decomposing certain aspects of the maturity model domain. Some of the attributes being used are sections or principles. Although there are other attributes being used, such as, dimensions.

1) Asset Management Maturity Model

The Asset Management Maturity Model originated from an evaluation in the Netherlands to investigate how asset managers deal with long-term investment decisions [5]. This evaluation took into consideration organizations that control infrastructures, such as, networks, roads and waterways and focus on the strategy, tools, environment and resources. In detail:

- **Aim:** Understand how asset managers deal with long-term investment decisions and provide an improvement path for organization to improve the long-term investment decisions.
- **Scope:** Management, specifically a subset of management entitled asset management.
- **Levels:** 1 (Initial); 2 (Repeatable); 3 (Defined); 4 (Managed) and 5 (Optimizing).

2) Records Management Maturity Model

This maturity model was created by JISC infoNet and stands as a self-assessment tool for higher education institution in England and Wales [6]. It is based on a code of practice and its aim is to help in the compliance with this code although it is independent from the code and the future plans are to continue development and enhancement independent from this code. In detail:

- **Aim:** Help higher education institutions to assess their current approach on records management in regard to recommendations issued by the United Kingdom government and benchmark against other similar organizations.
- **Scope:** Management, specifically information management.
- **Levels:** Level 0 (Absent); Level 1 (Aware); Level 2 (Defined) and Level 3 (Embedded).

3) Digital Asset Management (DAM) Maturity Model

The DAM maturity model builds on the ECM3 maturity model [7]. This model was developed having in mind that the successful implementation of DAM in organizations goes beyond the use of technology. It requires a holistic approach which includes people, systems, information and processes. This maturity model provides a description of where an organization is, where does it need to be so that it can perform gap analysis and comprehend what it needs to do to achieve the desired state of DAM implementation. In detail:

- **Aim:** Improve the success rate of DAM projects in organizations by providing a way of assessing the current state of the current implementation, as well as, an improvement path for enhancement of DAM.
- **Scope:** Management, more specifically Digital Asset Management.
- **Levels:** Level 1 (Ad-Hoc); Level 2 (Incipient); Level 3 (Formative); Level 4 (Operational) and Level 5 (Optimal).

4) Enterprise Content Management (ECM) Maturity Model

In order to efficiently deploy ECM solutions organizations need to plan and develop a comprehensive strategy. That strategy must encompass the human, information and systems aspects of ECM [8]. If we look from a practical view, organizations cannot deal with all the ECM challenges at the same time. As such organizations need to enhance their ECM implementation step-by-step, by following a roadmap for ECM improvement. This maturity model provides the tools to build this roadmap by providing the current state of ECM implementation as well as a roadmap to reach the required maturity level. In detail:

- **Aim:** Build a roadmap for ECM improvement, in a step-by-step fashion ranging from basic information collection and simple control to refined management and integration.
- **Scope:** Management, more specifically, Enterprise Content Management.
- **Levels:** Level 1 (Unmanaged); Level 2 (Incipient); Level 3 (Formative); Level 4 (Operational) and Level 5 (Pro-Active).

5) *Information Governance Maturity Model*

This maturity model builds on the generally accepted recordkeeping principles developed by ARMA [9]. The principles provide high-level guidelines of good practice for recordkeeping although they do not go into detail to the implementation of these principles and do not have further details on policies, procedures, technologies and roles. The point of this maturity model is to address this gap by detailing what a successful implementation of information governance is at different levels of maturity. In detail:

- **Aim:** Help organizations understand the standards, best practices and regulatory requirements that enclose information governance, so that they can understand what are the successful information governance characteristics at differing levels of maturity.
- **Scope:** Governance, more specifically a subset of governance entitled Information Governance.
- **Levels:** Level 1 (Sub-standard); Level 2 (In Development); Level 3 (Essential); Level 4 (Proactive) and Level 5 (Transformational).

III. DEVELOPMENT STRATEGY

This section focuses on the development strategy used for developing the maturity model for information governance. In order to develop the maturity model for information governance we will use several references from various relevant domains, such as, information management, records management, archival management, asset management and digital preservation. These references are:

1. **ISO 14721:** Space data and information transfer systems – Open archival information system – Reference model;
2. **ISO 16363:** Space data and information transfer systems – Audit and certification of trustworthy digital repositories;
3. **MoREQ 2010:** Model Requirements for the Management of Electronic Records;
4. **ISO 11442:** Technical product documentation – Document management;
5. **ISO 13008:** Information and documentation – Digital records conversion and migration process;

6. **ISO 15489:** Information and documentation – Records management;
7. **ISO 16175:** Information and documentation – Principles and functional requirements for records in electronic office environments;
8. **ISO 17068:** Information and documentation – Trusted third party repository for digital records;
9. **ISO 23081:** Information and documentation – Managing metadata for records;
10. **ISO 30301:** Information and documentation – Management systems for records – Requirements;
11. **ISO 38500:** Corporate governance of information technology.

For the purpose of the first iteration of the maturity model presented in this paper we will use Trustworthy Repositories Audit & Certification (TRAC/ISO16363) and the Producer-Archive Interface Methodology Abstract Standard (PAIMAS/ISO20652). The purpose of ISO16363 is to be an audit and certification process for the assessment of the trustworthiness of digital repositories, and its scope of application it's the entire range of digital repositories. It is based on the OAIS model [12]. The final version of TRAC was published in 2011, it contains 108 criteria that are divided into three main sections: Organizational Infrastructure; Digital Object Management; and Infrastructure and Security Risk Management. A successor version of TRAC, a standard for Trusted Digital Repositories (TDR), was published in February 2012 as the ISO 16363:2012 standard [10]. The latter, PAIMAS is an OAIS-based standard that describes the interface between Producers, i.e. the stakeholders responsible for the creation of the information, and the Archive. The maturity model for information governance, depicted in Sections III.A to III.C, consists of three dimensions:

- **Management:** “The term management refers to all the activities that are used to coordinate, direct, and control an organization.” [11]
- **Processes:** “A process is a set of activities that are interrelated or that interact with one another. Processes use resources to transform inputs into outputs. Processes are interconnected because the output from one process becomes the input for another process. In effect, processes are “glued” together by means of such input output relationships.” [11]
- **Infrastructure:** “The term infrastructure refers to the entire system of facilities, equipment, and services that an organization needs in order to function. According to ISO 9001, Part 6.3, the term infrastructure includes buildings and workspaces (including related utilities), process equipment (both hardware and software), support services (such as transportation and communications), and information systems.” [11]

These dimensions provide different viewpoints of information governance which help to decompose the maturity model and enable easy understanding.

For each dimension we have a set of levels, from one to five, where one shows the initial phase of maturity of a dimension and level five shows that the dimension is fully mature, self-aware and optimizing. These levels and their meaning were adapted from the levels defined for SEI CMMI. [3]

To use this maturity model an organization needs to position itself in the maturity matrix in each of the dimensions. This step is called self-assessment. The self-assessment consists of following a series of predetermined steps in which the organization answers a series of questionnaires that will result in a maturity level. This self-assessment method was also developed in conjunction with the maturity model so that they are fully aligned.

With the resulting maturity levels for each of the dimensions that resulted from the self-assessment, the organization can identify the desired maturity level for each of the dimensions and realize the work that needs to be done in order to reach that level. This results in better understanding of the steps needed to reach the organization goal and also helps to better allocate budget for improving maturity of information governance and even help to substantiate expenditure to top management.

A. Management

1) Level 1 (Initial)

Management is unpredictable; the business is weakly controlled and reactive. The required skills for staff are neither defined nor identified. There is no planned training of the staff.

2) Level 2 (Managed)

There is awareness of the need for effective management within the archive. However, there are no policies defined. The required skills are identified only for critical business areas. There is no training plan, however training is provided when the necessity arises.

3) Level 3 (Defined)

The documentation, policies and procedures that allows for effective management are defined. There is documentation of skill requirements for all job positions within the organization. There is a formal training plan defined; however it is not enforced.

4) Level 4 (Quantitatively Managed)

The organization monitors its organizational environment to determine when to execute its policies and procedures. Skill requirements are routinely assessed to guarantee that the required skills are present in the organization. There are procedures in place to guarantee that a skill is not lost when staff leaves the archive. There is a policy for knowledge sharing of information within the organization that is described in the training plan. The training plan is also assessed routinely.

5) Level 5 (Optimizing)

Standards and best practices are applied. There is an effort for the organization to undergo assessment for certification of

standards. The organization is seen as an example of effective management among its communities and there is continuous improvement of all management procedures. There is encouragement of continuous improvement of skills, based both on personal and organizational goals. Knowledge sharing is formally recognized in the organization. The organization staff contributes to external best practice.

B. Processes

1) Level 1 (Initial)

Ingest, Archival and Dissemination of content are not done in a coherent way. Procedures are ad-hoc and undefined, the archive may not even be prepared to ingest, archive and disseminate content.

2) Level 2 (Managed)

There is evidence of procedures being applied in an inconsistent manner and based on individual initiative. Due to fact that the processes are not defined, most of the times the applied procedures cannot be repeated.

3) Level 3 (Defined)

The Ingest, archival and dissemination processes are defined and in place. For ingest, is defined which content the archive accepts and how to communicate with producers, the creation of the Archival Information Package is defined as well as the Preservation Description Information necessary for ingesting the object into the archive. For archival, preservation planning procedures are defined and the preservation strategies are documented. For dissemination, the requirements that allow the designated community to discover and identify relevant materials are in place, and access policies are defined.

4) Level 4 (Quantitatively Managed)

The Ingest, Archival and Dissemination processes are actively managed for their performance and adequacy. There are mechanisms to measure the satisfaction of the designated community. There are procedures in place that measure the efficiency of the ingest, archival and dissemination processes and identify bottlenecks in these processes.

5) Level 5 (Optimizing)

There is an information system that allows for process performance monitoring in a proactive way so that the performance data can be systematically used to improve and optimize the processes.

C. Infrastructure

1) Level 1 (Initial)

The infrastructure is not managed effectively. Changes in the infrastructure are performed in a reactive basis, when there is hardware/software malfunction or it becomes obsolete. There are no security procedures in place. The organization reacts to threats when they occur.

2) Level 2 (Managed)

There is evidence of procedures being applied to manage the infrastructure. There is awareness of the need to properly define the procedures that allow for effective management of the infrastructure that supports the critical areas of the business. There are security procedures in place. However, individuals

perform these procedures in different ways and there is no common procedures defined.

3) *Level 3 (Defined)*

Infrastructure procedures are defined and in place. There are technology watches/monitoring, there are procedures to evaluate when changes to software and hardware are needed, there is software and hardware available for performing backups and there are mechanisms to detect bit corruption and reporting it. Security procedures are defined and being applied in the organization. The security risk facts are analyzed, the controls for these risks are identified and there is disaster preparedness and recovery plans.

4) *Level 4 (Quantitatively Managed)*

There are procedures in place that actively monitor the environment to detect when hardware and software technology changes are needed. The hardware and software that support the services are monitored so that the organization can provide appropriate services to the designated community. There are procedures in place to record and report data corruption that identify the steps needed to replace or repair corrupt data. The security risk factors are analyzed periodically and new controls are derived from these risk factors. There are procedures to measure the efficiency of these controls to treat the security risk factors identified. Disaster preparedness and recovery plans are tested and measured for their efficacy.

5) *Level 5 (Optimizing)*

There is an information system that monitors the technological environment and detects when changes to hardware and software are needed and reacts to it by proposing plans to replace hardware and software. There is also a system that detects data corruption and identifies the necessary steps to repair the data and acts without human intervention. To allow for continuous improvement there are also mechanisms to act upon when the hardware and software available no longer meets the designated community requirements. There is an information system that manages security and policy procedures and the disaster and recovery plans which allows for continual improvement. There is a security officer that is a recognized expert in data security.

IV. INITIAL ASSESSMENT AND EVALUATION

In order to assess the E-ARK project pilots on their maturity regarding information governance, the project has adopted a self-assessment process. In this self-assessment process, a questionnaire is provided to the organization to be assessed which they complete to the best of their knowledge. Then the results are analysed by the assessment team and an assessment report is provided to the organization.

The concept of transfer and evaluation of the maturity model was defined through the identification of the pilots capabilities. A capability can be defined as “an ability that an organization, person, or system possesses” that typically requires a combination of “organization, people, processes, and technology” for its realization [13]. The definition of a capability must be implementation-independent, as it might be realized in different ways and measured in different levels of maturity.

Pilot’s capabilities were identified through the analysis of the E-ARK project general pilot model and defines the purpose and processes of each pilot. Five top-level capabilities were defined: Pre-Ingest, Ingest, Archival Storage Preservation, Data Management, and Access

This questionnaire consists of a set of questions (35 to be exact) that will be used to determine the maturity level of the E-ARK pilots for each of the five capabilities of the E-ARK General Model. All questions are mandatory.

The answers provided will then be analysed by the Information Governance Maturity Model development team and a report will be issued detailing all the findings of the assessment. The set of assessment reports are available at <http://www.eark-project.com/resources/project-deliverables/46-d72initassess/file>.

Figure 1 depicts a comparison between the pilots. Pilot 1 is the one which achieved the best overall results, especially in pre-ingest and access it achieved the best results. Pilot 2 achieved the second best results. However there are still some enhancements to perform in the access capability where it achieved maturity level 2. Despite this fact, the access capability is not the focus in pilot 2. Pilot 7 also shows a high level maturity across the capabilities measured in the assessment. However, as in pilot 2, there are still some important enhancements to perform to the access capability. In pilot 7, the importance of the access capability is considerable due to it being one of the focuses of the pilot.

The other four pilots showed similar results among the capabilities. With some exceptions for pilot 3, where it shows higher maturity levels for pre-ingest and the access capabilities. Another exception is pilot 6 which shows higher maturity levels for ingest and data management capabilities. Pilot 5 did not answer to the questions for the archival storage and preservation and as the result no maturity level was calculated. As this is not the focus capability of the pilot there is no major issue with this fact.

There are still several capabilities at maturity level 1 or 2 for all pilots except pilot 1. These should be addressed as soon as possible to reach at least maturity level 3 for the focus capabilities. This is due to the fact that maturity level 3 is considered an intermediate level between lack of definition of consistency of mechanism and procedures typical of maturity level 1 and 2; and the documentation and assessment of mechanism and procedures typical of maturity level 4 and 5. Maturity level 3 depicts aspects that are consistent and defined throughout the organizational or pilot context and shows a state of change in this context from no definition to improvement. The outcomes of the E-ARK project will help the pilots to reach this maturity level and will also assist other organizations to reach higher levels of maturity and as result improve archival practice.

V. CONCLUSIONS

This paper presented the first version of a maturity model for information Governance, as well as, a state of the art on maturity models surrounding information governance found in literature. Based on that state of the art and other references from the archival domain, namely the ISO16363 we developed

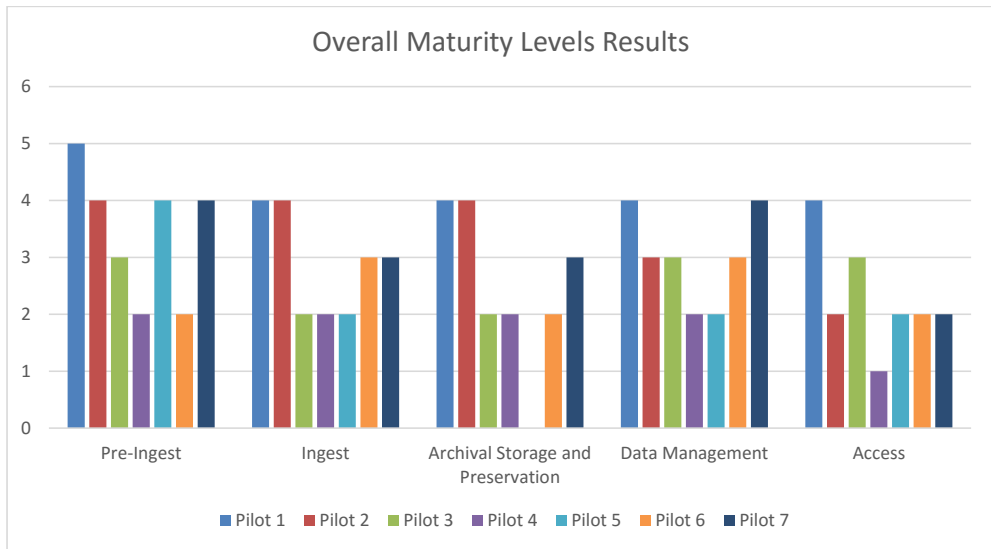


Figure 1. Final Results of the Maturity Levels for All Pilots

a maturity matrix consisting of three dimensions and five levels.

This paper also presents how the assessment of the E-ARK pilots was performed, as well as, the analysis of the results for the pilots. The questionnaire was developed based on a self-assessment questionnaire. The self-assessment consists of following a series of predetermined steps in which the pilot owners answer a series of questions that will result in the determination of a maturity level. As can be seen, the self-assessment questionnaire enabled a detailed analysis and comparison of the pilots and proved useful in identifying weak points and strengths of the pilots. Using the results it is then possible for pilots to identify points of improvement which can then lead to the creation of an improvement path for the pilots.

Despite this there is still room for improvement of the questionnaire, there were some comments left by the pilot owners regarding the difficulty of answering some questions. One other aspect to take into consideration is that only one of the maturity model dimensions was assessed in this paper as the E-ARK pilots don't have an organizational context supporting them. However, in the final version of the maturity model the questions to assess the other two dimensions will be included so that all organizations can use the Information Governance Maturity Model and enhance their current practice.

Further on the goal is to analyze other references from different domains, such as, records management as detailed before. These references will enhance, detail and help develop the maturity model that will be developed in the scope of the E-ARK project. Moreover, the toolset consisting of both the maturity model and the self-assessment method will be further adapted, which will help assessing the state of information governance in organizations, as well as, provide an

improvement path that organizations can follow to enhance their information governance practice.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by national funds through Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) with reference UID/CEC/50021/2013, and by the European Commission under the Competitiveness and Innovation Programme 2007-2013, E-ARK – Grant Agreement no. 620998 under the Policy Support Programme. The authors are solely responsible for the content of this paper.

REFERENCES

- [1] J. Becker, R. Knackstedt, J. Pöppelbuß. "Developing Maturity Models for IT Management – A Procedure Model and its Application". In *Business & Information Systems Engineering*, vol.1, issue 3, pp. 212-222. 2009.
- [2] S. Shang, S. Lin. "Understanding the effectiveness of Capability Maturity Model Integration by examining the knowledge management of software development process". In *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 20, Issue 5. 2009.
- [3] CMMI Product Team, CMMI for services, version 1.3. Software Engineering Institute. Carnegie Mellon University, Tech. Rep. CMU/SEI-2010-TR-034, 2010.
- [4] K. Peffers, T. Tuunanen, M. Rothenberger, S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," In *Journal of Management Information Systems*, 2007.
- [5] T. Lei, A. Ligtoet, L. Volker, P. Herder, "Evaluating Asset Management Maturity in the Netherlands: A Compact Benchmark of Eight Different Asset Management Organizations," In *Proceedings of the 6th World Congress of Engineering Asset Management*, 2011.
- [6] JISC InfoNet, "Records Management Maturity Model." [Online]. Available: <http://www.jiscinfonet.ac.uk/tools/maturity-model/>
- [7] Real Story Group, DAM Foundation, "The DAM Maturity Model." [Online]. Available: <http://dammaturitymodel.org/>

- [8] A. Pelz-Sharp, A. Durga, D. Smigiel, E. Hartmen, T. Byrne, J. Gingras, "Ecm Maturity Model - Version 2.0," Wipro - Real Story Group - Hartman, 2010.
- [9] ARMA International, "Generally Accepted Recordkeeping Principles - Information Governance Maturity Model." [Online]. Available: <http://www.arma.org/principles>
- [10] ISO 16363:2012. Space data and information transfer systems – Audit and certification of trustworthy digital repositories. 2012.
- [11] ISO 9001:2008: Quality management systems – Requirements. 2008.
- [12] ISO 14721:2010. Space data and information transfer systems – Open archival information system – Reference model. 2010.
- [13] The Open Group (2011). TOGAF Version 9.1. Van Haren Publishing.

Evolução, aplicabilidade, novos desafios e oportunidades em Telemedicina

Evolution, applicability, new challenges and opportunities in Telemedicine

Ana Raquel Caleiras Cardoso
Coimbra Business School – IPC
Quinta Agrícola
Coimbra, Portugal
cardoso_raquel@iol.pt

Bruno Alexandre Cordeiro Bento
Coimbra Business School – IPC
Quinta Agrícola
Coimbra, Portugal
brunobento@sapo.pt

Resumo - A Telemedicina é reconhecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como um instrumento que permite melhorar o acesso e a qualidade nos cuidados de saúde. As suas vantagens são inquestionáveis nomeadamente na quebra de barreiras físicas, geográficas e temporais entre serviços de saúde e utentes. O desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) revolucionou o funcionamento e o planeamento estratégico das Organizações de Saúde, principalmente nos indicadores de eficácia, eficiência e qualidade. A Telemedicina apresenta-se como uma nova área das TIC aplicadas à Saúde. Apesar das evidentes vantagens na sua implementação, verifica-se que a Telemedicina ainda está longe de se constituir como uma prática clínica diária no nosso País. Existem experiências bem-sucedidas na sua utilização (Coimbra e Alentejo), contudo as suas potencialidades ainda não estão a ser totalmente aproveitadas, sobretudo quando comparamos Portugal com outros espaços geográficos europeus. Pretende-se com este trabalho compreender a evolução da Telemedicina, bem como conhecer as vantagens e inibidores ao seu desenvolvimento, o seu atual posicionamento no Sistema de Saúde Português e as perspetivas futuras nesta área.

Palavras-chave: telemedicina, sistemas, teleconsulta, tecnologias de informação e comunicação

Abstract - Telemedicine is recognized by the World Health Organization (WHO) as a tool to improve access and quality in healthcare. Its benefits are undeniable: breaking physical, geographical and temporal barriers between health services and its users. The improvement of the ICT had revolutionized the acting and the strategic planning of healthcare organizations, especially on that effectiveness, efficiency and quality. Despite the obvious advantages in its implementation, Telemedicine still far from constituting a daily practice in our country. There are successful experiences in their use, such as Coimbra and Alentejo, but it is clear that its potential is not being harnessed, especially when we compare our country with other European geographical spaces. With this work we intended to understand the evolution of Telemedicine, the advantages and inhibitors to its improvement, and know the actual Portuguese situation as well the future prospects in this area.

Keywords: telemedicine, systems, teleconsultation, information and communications technology.

I - CONTEXTUALIZAÇÃO

“*Não são as pessoas que se deslocam, é a informação*” [1]. A história clínica em papel é um resumo do que se efetua ao doente, nomeadamente, exames analíticos, radiológicos, tratamentos médico-cirúrgicos, entre outros. O suporte em papel não é móvel, adquirindo um volume considerável no caso de doentes crónicos, ou com episódios clínicos complexos. Caso o doente tenha de ser assistido num outro local, ou se tiver necessidade de pedir uma 2.ª opinião, a informação clínica que tem na sua posse poderá ser insuficiente, correndo o risco de repetir exames desnecessários. A documentação em papel apresenta ainda outras desvantagens: 1) caligrafias de reduzida perceção dificultam a leitura dos registos clínicos; 2) ausência de coerência no registo e arquivo da documentação pelos diferentes profissionais de saúde, o que leva a um processo de análise mais demorado; 3) perda de informação relevante.

A informatização do processo clínico permitiu, assim, um registo completo e organizado, constituindo um passo importante no sentido de se atingir o erro zero (um dos principais objetivos da qualidade hospitalar). O formato eletrónico é legível por todos os intervenientes o que leva, evidentemente, à redução de falhas clínicas. Assim, a informatização dos dados contribuiu decisivamente para a gestão operacional das Organizações de Saúde.

A informação é o elemento mais importante de qualquer organização, e o setor da saúde não é exceção. Segundo a OMS, as tecnologias de informação e comunicação podem trazer inúmeros benefícios, especialmente no apoio à tomada de decisões, no controlo e deteção de erros, na monitorização dos objetivos pré-definidos pelas organizações, entre outros. Há cada vez uma maior necessidade de transformar dados em conhecimento/proveito/valor acrescentado para as Instituições.

O Sistema Nacional de Saúde é um dos mais complexos, onde o Estado impõe uma responsabilidade considerável quanto à viabilidade e sustentabilidade das suas organizações. Apesar do enorme progresso nas tecnologias da saúde, nomeadamente nos equipamentos de diagnóstico/apoio à prática clínica, há ainda um longo caminho a percorrer no tratamento da informação e na disponibilização de serviços mais simplificados e acessíveis à população.

Os sistemas informáticos implementados no Sistema Nacional de Saúde denotam a preocupação de tornar a comunicação mais eficiente entre os seus agentes. No entanto, surgem duas questões: 1) Estes sistemas satisfazem as necessidades do cidadão?; 2) Ajudam a concretizar o objetivo primordial dos profissionais de saúde, nas questões de qualidade e eficácia? [2]. Em Portugal, como noutros países, encontramos cidadãos cada vez “mais informados” e mais exigentes quanto à rapidez, equidade, transparência e racionalidade nos cuidados de saúde prestados.

No contexto social, existem duas situações com forte impacto do setor da saúde, nomeadamente, o aumento da esperança média de vida e o aumento de doentes crónicos. Verificou-se que os modelos de gestão existentes na saúde não estavam preparados para estas realidades. Esta situação abriu portas a novas estratégias no exercício da medicina, particularmente na comunicação e no acesso à informação bem como no acompanhamento de doentes crónicos ou em situações de convalescença/alta precoce.

II – EVOLUÇÃO DA TELEMEDICINA

A Telemedicina refere-se a toda a atividade médica que é exercida à distância, incluindo o diagnóstico, tratamento e educação médica. Em meados do séc. XX, as aplicações médicas à distância desenvolviam-se à medida que as TIC progrediam, não parecendo existir *Governance* das aplicações médicas. As primeiras experiências desenvolvidas em telemedicina ocorreram nos EUA e no Canadá. As motivações para esse desenvolvimento emergem principalmente dos seguintes factos: 1) nestes países já existia um vasto conhecimento tecnológico no domínio dos sistemas de informação, quer como utilizadores, quer na área de investigação; 2) A geografia destes países é ampla e existem áreas populacionais muito afastadas dos principais centros hospitalares; 3) Em alguns destes locais não existiam médicos ou determinadas especialidades (ex. cardiologia, dermatologia, psiquiatria, ...).

A medicina à distância foi igualmente desenvolvida pela forte necessidade de dar resposta a situações particulares, nomeadamente: 1) exploração espacial: era necessário acompanhar, continuamente, os sinais vitais dos astronautas; 2) Forças militares em contexto de guerra: em situações bélicas ou de conflito, os militares necessitavam de acompanhamento psicológico/psiquiátrico. Atualmente, já são realizadas cirurgias à distância, usando para esse efeito, robots comandados [1].

Em Portugal, o desenvolvimento da Telemedicina é evidente nas áreas da imagiologia, cardiologia e dermatologia. De acordo com o Despacho n.º 3571/2013 do Ministério da Saúde [3] “a utilização da Telemedicina (...) permite a observação, diagnóstico, tratamento e monitorização do utente o mais próximo possível da sua área de residência, trabalho ou mesmo em sua casa”.

A Telemedicina é pluridimensional e pode ser dividida em diversas áreas, das quais se destacam:

1) Teleconsulta: de acordo com a portaria n.º 567/2006 de 12 de Junho do Diário da República- I Série B [4], a teleconsulta traduz-se “na utilização de comunicações interativas, audiovisuais, e de dados em consulta médica, com a presença do doente, a qual utiliza estes meios para obter parecer à distância de pelo menos outro médico, e com registo obrigatório no equipamento e no processo

clínico do doente”. Em concordância com o Despacho n.º 3571/2013 de 6 de Março do Diário da República – 2.ª Série – n.º 46 [3], esta ferramenta pode abranger outras divisões, tais como:

1.1. Teleconsulta em tempo diferido (*store and forward*): utilização de comunicação interativas, audiovisuais e de dados em consulta médica, recolhidos na presença do doente, sendo estes enviados para uma entidade recetora, que os avaliará e opinará em tempo posterior (forma assíncrona).

1.2. Teleconsulta em tempo real: consulta fornecida por um médico distante do utente, com recurso à utilização de comunicações interativas, audiovisuais e de dados, com a presença do doente junto de outro médico, numa outra localização, e com registo obrigatório no equipamento e no processo clínico do doente. Esta comunicação efetua-se em simultâneo (de forma síncrona).

1.3. Telerrastreio dermatológico: consulta efetuada por dermatologistas para apreciação de imagens digitais. Estas imagens deverão ter qualidade suficiente para assegurar um bom trabalho no rastreio de lesões da pele e para garantir o posterior encaminhamento do caso.

2) Telemonitorização: “assenta num conjunto de processos, tecnologia de sistemas de informação, dispositivos médicos e telecomunicações que trabalham de forma articulada para permitir que um paciente crónico possa realizar uma vida independente em sua casa, recolhendo de forma sistemática dados da sua condição de saúde, que são monitorizados e analisados pelo seu médico no hospital” [5].

3) Educação à distância: é utilizada por profissionais de saúde que estão afastados dos centros hospitalares e/ou para os que não têm possibilidade de fazer formação presencial.

III - VANTAGENS E INIBIDORES DO DESENVOLVIMENTO DA TELEMEDICINA

A medicina como arte curativa é fundamentalmente comunicar, ouvir, compreender, avaliar, orientar, aliviar e ensinar. A comunicação entre médicos e doentes tem decorrido essencialmente em contexto presencial. Com a evolução dos meios de comunicação, iniciou-se a medicina à distância. Presentemente, *Big Data* é um conceito a valorizar, especialmente em saúde, dado ser necessário procurar, agregar, referenciar e analisar vastas quantidades de informação. A pressão para reduzir os custos associados aos sistemas de saúde, está a levar a um aumento da partilha de informação, entre os prestadores de cuidados (primários, hospitalares, públicos ou privados) e a indústria (farmacêutica, ...).

A Microsoft efetuou um estudo onde concluiu que 60% dos erros médicos se devem à má comunicação. Na saúde existem vários conflitos de interesses: 1) os farmacêuticos pretendem desenvolver tratamentos mais eficazes e seguros; 2) quem paga tenciona premiar a eficácia; 3) os utentes pretendem o melhor serviço; 4) os profissionais de saúde tencionam executar o seu trabalho dentro de parâmetros éticos e com qualidade.

Existe um outro conceito a destacar: Internet das Coisas (IoT). Na saúde, esta noção apresenta-se na monitorização remota de dados clínicos através de dispositivos médicos. Em

2018, a Microsoft prevê um crescimento de 23 M de dispositivos nesta área [6].

Resumindo, o desenvolvimento exponencial das TIC e concretamente a sua integração nos cuidados de saúde, consolidaram o conceito de Telemedicina. Atualmente, a opção pela Telemedicina deixou de ser uma decisão técnica e passou a ser uma decisão estratégica e política na Saúde. Nesse sentido, evidenciar-se-ão os aspetos favoráveis e os inibidores ao desenvolvimento da Telemedicina em Portugal: no Quadro I, salientam-se algumas das mais-valias da Telemedicina das quais se destacam a redução do isolamento geográfico, assistência a doentes crónicos e a otimização de recursos. O Quadro II enumera os principais inibidores à prática da Telemedicina em Portugal, dos quais se salientam a falta de interoperabilidade dos sistemas informáticos e a falta de segurança na partilha de dados.

QUADRO I - VANTAGENS DA PRÁTICA DE TELEMEDICINA

VANTAGENS	
Permite o contacto interativo entre várias pessoas que não estão fisicamente no mesmo local, bem como a transmissão de imagens e situações clínicas, havendo uma discussão imediata com colegas ou especialistas, de modo a melhorar a técnica de diagnóstico ou o modelo terapêutico.	
Reduz as distâncias entre os serviços de saúde e os utentes	
Diminui o isolamento geográfico / Aumenta a equidade	
Permite um acesso rápido à informação quer pelo médico, quer pelo doente	
Fortalece os serviços de telemonitorização e assistência aos doentes crónicos	
Permite efetuar formação à distância	
Reduz deslocações (muitas vezes desnecessárias)	
Permite maior rapidez na resposta por parte de algumas especialidades, diminuindo as listas de espera	
Diminui os custos de transporte de doentes	
Diminui as idas a hospitais, muitas vezes superlotados e com elevados riscos de infeção	
Aumenta a mobilidade dos médicos	
Facilita o pedido de 2.ª opinião clínica	
Otimiza recursos técnicos e humanos	

QUADRO II – INIBIDORES AO DESENVOLVIMENTO DA PRÁTICA DE TELEMEDICINA

Inibidores ao desenvolvimento	
Resistência à mudança por parte de alguns profissionais	
Falta de segurança na comunicação e na proteção de dados	
Necessidade de formação constante dos quadros técnicos e administrativos das Organizações de Saúde	
Necessidade de instalações e equipamentos adequados a esta prática	
Necessidade que os sistemas informáticos adotados pelas várias instituições, sejam compatíveis quer em <i>hardware</i> , quer em <i>software</i>	
Necessidade de melhorar e aumentar a regulamentação eletrónica	
Necessidade de manter os sistemas informáticos atualizados	
Instalar e manter uma rede informática de saúde com banda suficiente para a sua prática	
Falta de definição da responsabilidade médica numa consulta de Telemedicina	
Dificuldade em encontrar o melhor horário para a sua prática	
Restrições orçamentais	
Criar e manter um <i>software</i> de âmbito nacional com compatibilidade total com todas as Organizações de Saúde	
A ligação em banda larga dos hospitais, bem como o desenvolvimento de aplicações médicas envolvem milhões de euros	

III – A TELEMEDICINA EM PORTUGAL

A prática da Telemedicina é relativamente recente em Portugal. A sua implementação é mais evidente após a criação da rede informática da Saúde (RIS) em 1994. Os projetos desenvolvidos nesta área foram apoiados sobretudo pela Portugal Telecom, Ministério da Saúde e através de fundos da

União Europeia. Deste modo, apresentam-se os principais marcos históricos da Telemedicina em Portugal (Quadro III). Apesar das experiências é importante contextualizar: Portugal é um país de pequenas dimensões e em termos climáticos não tem tantas desproporções como no resto da Europa, sobretudo quando comparado aos países nórdicos, grandes utilizadores da Telemedicina.

QUADRO III – EVOLUÇÃO DA TELEMEDICINA EM PORTUGAL

ANO	HISTÓRIA/EXPERIÊNCIA/ EVOLUÇÃO
1994	Foram apresentados mais de 50 projetos na conferência de encerramento do 3.º quadro do AIM - Advanced Informatics for Medicine, que decorreu em Portugal. Criação da Rede Informática da Saúde (RIS).
1995	Rede de Telemedicina na Região Centro (IGIF - Instituto de Gestão de Informática e Financieira da Saúde).
1998	Iniciou-se a prática de teleconsultas de Cardiologia Pediátrica e Fetal em Coimbra. O Hospital Pediátrico de Coimbra colaborava com outras entidades hospitalares: Serviço de Pediatria do Hospital de Santo André (Leiria) + Serviço de Obstetria da Maternidade Júlio Dinis (Porto) [6] [7].
2000	Surgimento de um <i>software</i> de Teleconsulta: MEDIGRAF (Portugal Telecom), que utiliza a RIS.
1999-2001	Desenvolveram-se 16 projetos ao longo do país tendo sido apoiados financeiramente pelo Ministério da Saúde. Evidenciam-se as teleconsultas por videoconferência no Continente e com algumas ligações aos arquipélagos dos Açores e Madeira.
2003	Entraram em funcionamento os atos médicos de Telemedicina no Alentejo (entre hospitais e centros de saúde).
2004	Arrancou o projeto TelMedAlentejo que permitiu ao Alentejo apresentar uma cobertura muito considerável de serviços de Telemedicina ao longo do seu espaço geográfico.
2005	Lançamento do Portal da Saúde [8]. O Serviço de Cardiologia do Hospital Pediátrico de Coimbra (SCP) ganhou o prémio de Serviço Público - Acessibilidade e Atendimento, dadas as suas experiências e capacidade de eco em tempo real [6] [7]. Projetos CALENO / GAMITE - experiências de telemedicina entre o Norte do País e Espanha [9] [10]. Programa INTERREG: telediagnóstico na zona do Algarve entre Hospitais, Centros de Saúde e Centros de Especialidade na área da radiologia [11].
2006 - 2007	Saúde 24 - Linha de contacto 24h/dia, 7 dias por semana. Permite fazer diagnósticos à distância, bem como triagem de prioridades [12]. É criado o Grupo de Trabalho para o desenvolvimento da Telemedicina no Serviço Nacional de Saúde. O Serviço de Cardiologia Pediátrica de Coimbra integra a sua área de Telemedicina com outros Hospitais: Castelo Branco, Covilhã, Leiria, Santa Maria da feira, Vila Real, Aveiro e Viseu [6] [7]. O SCP iniciou consultas e formação de médicos no Hospital de Luanda (Angola) [6] [7]. O SCP colaborou com o Hospital Maranon (Madrid) / Hospital de São Paulo (Brasil) / Hospital de Cabo Verde [6] [7]. O SCP iniciou um serviço de Urgência por telemedicina durante 24h, com todos os hospitais que se encontravam ligados pela rede de Telemedicina.
2010	Surgimento dos Serviços Partilhados do Ministério da Saúde (SPMS), de acordo com o Decreto-Lei n.º 19/2010 de 22 Março [13].
2011	O Conselho de Ministros cria o Grupo de Projeto para as Tecnologias de Informação e Comunicação (GPTIC) com a missão de desenhar e implementar uma estratégia global de racionalização das TIC na Administração Pública. O intuito seria melhorar a eficiência e reduzir custos. De acordo com o Decreto-Lei n.º 108/2011 de 17 de Novembro a SPMS, passou a ser a entidade responsável pelo desenvolvimento, manutenção e operação dos Sistemas Integrados de Informação do Setor da Saúde [14].
2012	Lançamento do projeto “Portal do Utente”. Lançamento da Plataforma de Dados da Saúde (PDS).
2013	Constituição do Grupo de Trabalho de Telemedicina (GTT), que visa a elaboração/organização do plano estratégico da Telemedicina em

ANO	HISTÓRIA/EXPERIÊNCIA/ EVOLUÇÃO
	Portugal.
2014	Elaboração do Plano Piloto de Telemonitorização da DPOC em 5 hospitais (ULSAM, CHUC, CHCB, ULSNA, CHAL). Início de atividades de rastreio/triagem teledermatológica em vários locais do território nacional. O Despacho n.º 8445/2014 do Ministério da Saúde reforça a necessidade da existência de uma rede de telemedicina no Serviço Nacional de Saúde [15].
2015	Continuação dos projetos de Telemedicina em Portugal [16].

Na maioria dos países europeus foi definido um plano estratégico para o desenvolvimento da telemedicina nas suas áreas geográficas, havendo desde o início uma preocupação com a sustentabilidade do serviço a longo prazo. Em Portugal, como é observado através da cronologia anterior (Quadro III), as atividades foram desenvolvidas dispersamente e com recurso a fundos de projetos da União Europeia. É igualmente importante comparar o nível de escolarização dos portugueses com o dos habitantes de outros países europeus. No nosso país existe um grande n.º de habitantes com faixas etárias elevadas, que não estão familiarizados com as novas tecnologias. Em determinadas zonas geográficas, muitos dos habitantes não possuem computador. Tem existido, por parte do Estado Português um esforço financeiro para o desenvolvimento de aplicações médicas, bem como para a sofisticação tecnológica da saúde. Assim, é importante refletir no investimento financeiro que é necessário efetuar para melhorar as tecnologias de informação utilizadas no Serviço Nacional de Saúde.

Importa evidenciar a tendência da implementação da Telemedicina em Portugal (Gráficos I, II, III, IV e V). Os dados utilizados para este estudo provêm do INE [17] [18] e foram analisados no *software* de *Business Intelligence/Business Analytics*, o TABLEAU [19]. Este *software* permite uma rápida visualização, análise e partilha de informação. Ao analisar os dados existentes no INE nesta matéria, verifica-se que há um aumento crescente na utilização da Telemedicina. Em 2004, apenas 17,1% dos hospitais portugueses efetuavam atividades de Telemedicina (Gráfico I). Em 2014, há um aumento percentual de 15,6%, ou seja, neste ano 33% dos hospitais efetuavam atividades de Telemedicina (Gráfico I). Observa-se que a zona do País mais vocacionada para a prática da Telemedicina é o Alentejo (Gráficos II e III), sendo a zona predominante entre 2004 e 2014. Tal deve-se essencialmente a:

1) População envelhecida e com reduzidos recursos financeiros; 2) Forte dispersão populacional; 3) As distâncias aos centros de saúde e aos hospitais de referência são um fator crítico (muitos a vários km de distância); 4) Insuficiência de transportes públicos; 5) Más acessibilidades; 6) Falta de médicos especialistas [20] [21].

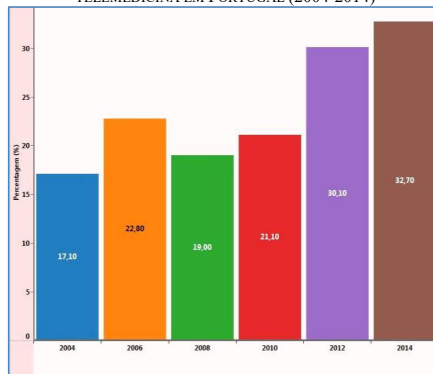
Seguem-se outras regiões do país, nomeadamente:

- Algarve: devido ao programa INTERREG que permitiu uma cooperação transfronteiriça entre Portugal (Algarve) e Espanha (Andaluzia).
- Zona Norte: Projeto CALENO: rede de Telemedicina na região de Trás-os-Montes e Alto Douro, Castela e Leão nas áreas da radiologia, psiquiatria e alcoologia / Projeto GAMITE: rede de telemedicina na região da Galiza-Norte de Portugal (distritos de Viana do Castelo e Braga) nas áreas da imagiologia, dermatologia, oftalmologia, psiquiatria, alcoologia e gastroenterologia. Os principais objetivos destes programas foram a rentabilização dos

equipamentos e dos recursos humanos existentes, bem como a melhoria da acessibilidade dos utentes aos serviços de saúde.

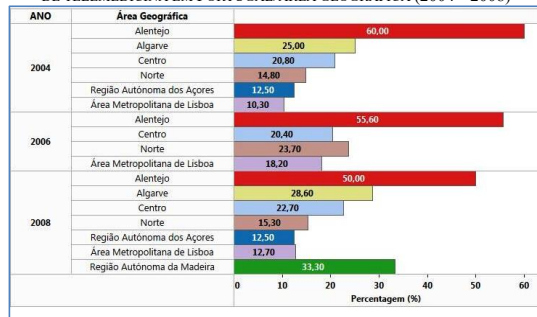
- Regiões Autónomas da Madeira e Açores: devido ao isolamento geográfico/insularidade a prática da Telemedicina visa reduzir as desigualdades territoriais e evitar a deslocação dos doentes entre ilhas e para o Continente.
- Zona Centro: devido, sobretudo, aos projetos desenvolvidos na área da Cardiologia Pediátrica.

GRÁFICO I – PROPORÇÃO (%) DE HOSPITAIS QUE REALIZARAM ATIVIDADE DE TELEMEDICINA EM PORTUGAL (2004-2014)



Fonte: INE

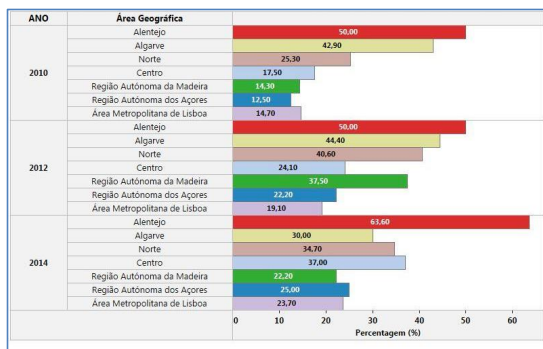
GRÁFICO II – PROPORÇÃO (%) DE HOSPITAIS QUE REALIZARAM ATIVIDADES DE TELEMEDICINA EM PORTUGAL/ÁREA GEOGRÁFICA (2004 – 2008)



Fonte: INE

Nos gráficos IV e V observamos as atividades de telemedicina com maior destaque nos hospitais portugueses. Desde 2010, que a teleradiologia é a atividade prevalente. Esta prática permite a troca de imagens radiológicas, ultrassonográficas, tomográficas ou de ressonância magnética para discussão de casos clínicos ou para a complementação de diagnósticos. Em 2014, 83,8% dos hospitais usavam esta prática. Seguem-se as atividades de: 1) Teleconsulta; 2) Telecardiologia a qual consiste na transmissão e realização de relatórios através de controlo remoto: eletrocardiograma e telemonitorização cardíaca de doentes que sofrem de arritmia ou insuficiência cardíaca crónica; 3) Teledermatologia; 4) Prescrição eletrónica, a qual se destina à prescrição de medicamentos através de aplicações informáticas certificadas pela Administração Central do Sistema de Saúde (ACSS) [22].

GRÁFICO III – PROPORÇÃO (%) DE HOSPITAIS QUE REALIZARAM ATIVIDADES DE TELEMEDICINA EM PORTUGAL/ÁREA GEGRÁFICA (2010 – 2014)



Fonte: INE

GRÁFICO IV – PROPORÇÃO (%) DE ATIVIDADES DE TELEMEDICINA EFETUADAS NOS HOSPITAIS PORTUGUESES (2010-2012)

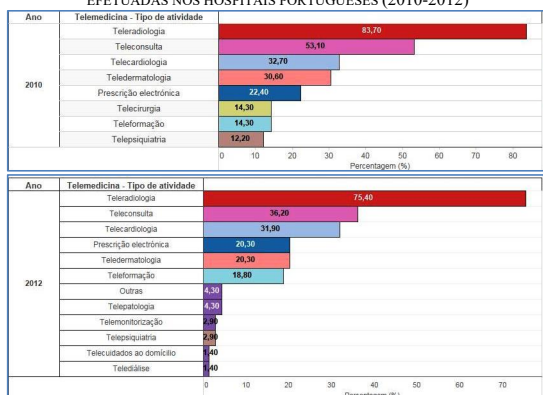
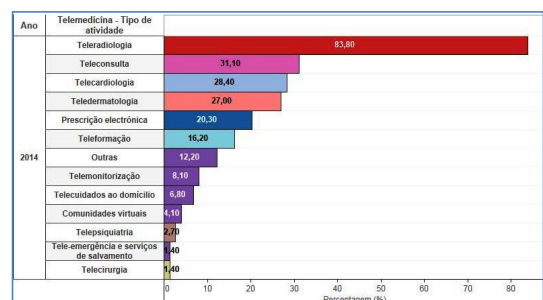


GRÁFICO V – PROPORÇÃO (%) DE ATIVIDADES DE TELEMEDICINA EFETUADAS NOS HOSPITAIS PORTUGUESES (2014)



Fonte: INE

IV - BENEFÍCIOS DA TELEMEDICINA NA ÁREA ONCOLOGIA

O cancro é uma das maiores causas de mortalidade a nível mundial [23]. No nosso país há falta de médicos especialistas na área oncológica e em diferentes áreas geográficas [24]. Através de diagnósticos e tratamentos adequados a possibilidade de cura é maior. Dada a heterogeneidade dos protocolos existentes, é importante recorrer a médicos e entidades hospitalares de referência nesta área. Assim, a Telemedicina poderá ter diversas aplicabilidades no tratamento

do cancro, nomeadamente no apoio ao diagnóstico e decisão terapêutica, bem como na monitorização de doentes à distância. A Telemedicina poderá ser um meio de inclusão social e de diminuição de barreiras geográficas, contribuindo decisivamente para a diminuição das taxas de morbilidade e mortalidade nesta área.

As entidades de referência neste âmbito, já realizam algumas experiências na prática da telemedicina. Uma das vertentes utilizadas é a teleconsulta em tempo diferido (*store and forward*). As especialidades que mais colaboram nesta vertente são a Oncologia Médica e Radioterapia. A entidade hospitalar interessada no apoio diagnóstico a um determinado caso clínico envia previamente os exames efetuados por um determinado doente, para que os oncologistas e radioterapeutas das instituições hospitalares de referência possam dar o seu parecer. Do *software* que pode ser utilizado para este efeito destaca-se a PDS-live. A PDS-live é um sistema que permite o registo e a partilha de informação clínica entre o utente, os profissionais de saúde e as entidades prestadoras de Serviços de Saúde, de acordo com os requisitos da Comissão Nacional de Proteção de Dados (autorização n.º 940/2013). A PDS-live é um aplicativo, que funciona a partir da Plataforma de Dados da Saúde (PDS) e que permite a ligação entre qualquer plataforma com as devidas credenciações. A teleconsulta pode efetuar-se entre qualquer computador integrado na Rede Informática de Saúde (RIS), permitindo videoconferência (2 ou mais intervenientes), com possibilidade síncrona de preenchimento de documentos, em colaboração e transmissão de ficheiros (áudio, vídeo, relatórios e imagens de qualquer dispositivo acessível por Bluetooth, wi-fi ou USB, nomeadamente ecógrafos, espirómetros, estetoscópios eletrónicos [16].

A PDS-Live pretende: 1) facilitar a colaboração e a partilha de informação entre os profissionais de saúde do SNS; 2) aumentar a rapidez de resposta em determinadas especialidades; 3) reduzir os custos associados à deslocação de profissionais especializados a áreas mais distantes. Tem-se verificado ser uma solução simples e económica que permite a partilha de *know-how* entre profissionais de saúde especializados.

V - CONCLUSÕES

Pelos dados apresentados, verifica-se que há uma tendência para um uso mais alargado da Telemedicina, especialmente, quando comparados os valores entre 2008 e 2014. Uma das vantagens desta prática é a redução dos custos de deslocação, bem como uma maior rapidez de resposta por parte de determinadas especialidades médicas.

Em Portugal, as teleconsultas podem ter uma elevada utilidade, sobretudo no pedido de 2.ª opinião a médicos especializados que residam noutros distritos. Não obstante, a maioria dos clínicos considera que esta modalidade não deve ser usada como 1.º recurso.

Na área oncológica, a Telemedicina poderá ter um grande impacto, nomeadamente no suporte assistencial e de controlo nutricional e da dor. Permitirá avaliar, paralelamente, os efeitos dos tratamentos, assim como ajustar a terapêutica em função do estado físico e psicológico dos doentes. No entanto, apesar das suas inúmeras vantagens, encontramos ainda alguns inibidores ao desenvolvimento/obstáculos na sua expansão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A aquisição dos sistemas informáticos na saúde não tem sido suficientemente regulada, especialmente nos requisitos de interoperabilidade. Há que aumentar a literacia da população, tanto na área da saúde, como na área tecnológica. Em Portugal a utilização da internet ainda apresenta grandes disparidades, dado que ainda existe uma parte significativa da população que não sabe utilizar, ou que necessita de ajuda para esse fim. Os próprios profissionais de saúde, e em particular os médicos, ainda que não sejam utilizadores intensivos da tecnologia existente, olham para as aplicações como uma ameaça à sua autonomia e ao seu conhecimento. Este aspeto é ainda mais evidente se dividirmos os profissionais de saúde por faixa etária: os mais velhos são mais resistentes à inovação e à mudança. Muitos consideram que se perde demasiado tempo em registos informáticos, quando a sua principal função é consultar/ “curar” doentes. É igualmente difícil, encontrar um horário para formação de modo a ultrapassar essa resistência, dado haver, muitas vezes, deficiência de efetivos para garantir a realização da atividade laboral regular. Esta prática traz alguns conflitos relativamente aos princípios tradicionais de ética-médica, bem como na relação entre médico-paciente, desenvolvida essencialmente em contexto presencial.

Terá que existir um ajustamento nos códigos éticos e deontológicos à sociedade da informação, ou seja, terá que haver uma maior regulamentação, garantindo-se a privacidade e confidencialidade dos dados e evitando a utilização indevida das assinaturas eletrónicas.

Os serviços e a forma como os profissionais de saúde são pagos, têm que ser mais regulamentados, para garantir a boa prática. Tem que existir um maior reconhecimento da teleconsulta, equiparando-a a uma prática clínica normal. Para isso, é essencial que as instituições de saúde desinem horários e profissionais para a sua execução.

As normas definidas pela Direção Geral da Saúde deverão ter uma maior exposição, de modo a que os profissionais de saúde tenham um maior conhecimento do que já está e deve ser realizado neste âmbito. Consideramos que o maior desafio a alcançar será neutralizar as barreiras existentes entre Cuidados de Saúde Primários e os Cuidados Diferenciados para que a telemedicina possa estar ao serviço de ambos, abrangendo um maior n.º de pacientes. É necessário replicar as boas práticas, de modo a conseguir que esta atividade possa expandir a sua área de atuação.

Em Portugal, existem estruturas com enormes dificuldades de comunicação, onde as tecnologias não se articulam, não integram e não interagem em diferentes níveis de intervenção. No nosso país a maior preocupação tem sido adquirir hardwares com capacidade para armazenar grandes quantidades de informação, enquanto que a interligação de dados e a partilha de informação através de redes tecnológicas mais eficazes foi ficando para 2.º plano. Assim, a saúde em Portugal deve ser repensada na sua estrutura, nos seus processos, mas acima de tudo nos seus resultados.

A Telemedicina deverá continuar a ser uma fronteira de exploração tecnológica, trazendo inovação no “*modus operandi*” da prática clínica, não devendo ser uma nova forma de fazer Medicina mas sim um complemento/instrumento ao serviço da Saúde.

- [1] M. H. Monteiro, A telemedicina como um vector de profunda transformação no espaço da saúde e do bem-estar. Lisboa: IV Congresso Português de Sociologia. 2008. N.º 210. p.2-13
- [2] Relatório Final do Grupo Técnico para a Informação no Sistema de Saúde. Lisboa: Ministério da Saúde. (Fevereiro – 2015). p.5-69
- [3] Despacho n.º 3571/2013. D.R. 2.ª Série n.º 46 (2013-03-06).p.8325-6326
- [4] Portaria n.º 567/2006. D.R. 1.ª Série B n.º 113 (2006-06-12).p.4174
- [5] Consulta Pública – Acordo Quadro de Telemedicina: SPMS. Lisboa. (Março-2015)
- [6] E. Castela, Cinco anos de teleconsulta – Experiência do Serviço de Cardiologia do Hospital Pediátrico de Coimbra. Revista Portuguesa de Cardiologia. Vol 24, (Junho – 2005). p. 835-836
- [7] E. Castela, Telemedicina – onde estamos e para onde vamos, APDSI. (Dezembro-2007).p.147-151
- [8] S. Carrasqueiro, Telemedicina – onde estamos e para onde vamos, in Telemedicina, Teleconsulta, Telediagnóstico, Telecuidados e Telemonitorização – Alguns casos em Portugal. E-saúde em Portugal. Balanço e Recomendações. APDSI. (Dezembro-2007).p.89-96
- [9] ARS Norte - Telemedicina – onde estamos e para onde vamos, in Telemedicina, Teleconsulta, Telediagnóstico, Telecuidados, e Telemonitorização – Alguns casos em Portugal. Projecto “ Telemedicina em Castela e Leão e no Nordeste Transmontano – CALENO”. APDSI. (Dezembro-2007).p.152-158
- [10] C. Ribeiro, ARS Norte – Telemedicina – Onde estamos e para onde vamos. In Telemedicina, Teleconsulta, Telediagnóstico, Telecuidados, e Telemonitorização – Alguns casos em Portugal. Breve Descrição do Projecto “Galiza e Minho através da Telemedicina – GAMITE”. APDSI. (Dezembro-2007).p.159-161
- [11] A. Pina, P. Simãozinho, Telemedicina – Onde estamos e para onde vamos. In Projecto INTERREG de Telemedicina - Algarve. APDSI. (Dezembro-2007).p.129-135
- [12] F. Parra, S. Gomes, S. Carrasqueiro, Telemedicina – Onde estamos e para onde vamos. In Telemedicina, Teleconsulta, Telediagnóstico, Telecuidados e Telemonitorização – Saúde 24, o Centro de Atendimento do Serviço Nacional de Saúde casos em Portugal. APDSI. (Dezembro-2007).p.103-111
- [13] Decreto-Lei n.º 19/2010. D.R. 1.ª Série n.º 56 (2010-03-22).p.900-906
- [14] Decreto-Lei n.º 108/2011. D.R. 1.ª Série n.º 221 (2011-11-17).p.4964-4967
- [15] Despacho n.º 8445/2014. D.R. 2.ª Série n.º 123 (2014-06-30).p.16802
- [16] Boletim do Grupo de Trabalho de Telemedicina. (Junho-2015) p. 6-63
- [17] Portal do Instituto Nacional de Estatística https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0005375&contexto=bd&selTab=tab2, Acedido em 10/12/2015
- [18] Portal do Instituto Nacional de Estatística, https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000855&contexto=bd&selTab=tab2, Acedido em 10/12/2015
- [19] Tableau Software®, www.tableau.com, Versão educação cedida para utilização em contexto académico, dezembro, 2015
- [20] M. H. Monteiro , M. Helena - TELEMEDICINA – ONDE ESTAMOS E PARA ONDE VAMOS. Capítulo 3: Telemedicina, Teleconsulta, Telediagnóstico, Telecuidados, e Telemonitorização – Alguns casos em Portugal. Telemedicina no Alentejo – Alguns factos. APDSI. (Dezembro-2007).p.136-143
- [21] F. Ferreira, Telemedicina – Onde estamos e para onde vamos. In Telemedicina, Teleconsulta, Telediagnóstico, Telecuidados, e Telemonitorização – Alguns casos em Portugal. Uma aposta na Telemedicina no início do século XXI no Centro de Saúde do Alandroal – Alentejo. APDSI. (Dezembro-2007).p.144-146
- [22] Relatório e Contas 2014. Lisboa:ACSS.2014.p.66-67
- [23] WHO - The top 10 causes of death, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index2.html>, acedido em 12/12/2015
- [24] Direção Geral da Saúde – Portugal, Doenças Oncológicas em Números - 2013.p. 6-84

Introducción a la Gestión del Conocimiento en Empresas de Base Tecnológica

Perspectiva Colombiana

Introduction to the Knowledge Management in Technology Based Firms

Colombian Perspective

José Ignacio Rodríguez Molano
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá D.C., Colombia
jirodriguezmolano@gmail.com

Nancy Yurani Ortiz Guevara
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá D.C., Colombia
nyortizg@gmail.com

Jorge Leonardo Puentes Morantes
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá D.C., Colombia
jorgelpmorantes@gmail.com

Resumen — El siguiente artículo se enfatiza en la caracterización de la Gestión del Conocimiento a nivel global y cómo ésta puede ser aplicada a diferentes empresas tecnológicas según su estructura, enfocándose posteriormente en establecer las características que aportan los principales modelos de Gestión del Conocimiento a las Empresas de Base Tecnológica

Palabras Clave - Gestión del Conocimiento; Empresas de Base Tecnológica; conocimiento; criterios.

Abstract — *This paper is focused on the characterization of the Knowledge Management in global way and how it can be applied to several kind of technologic organizations according to their structures, focusing on establishing the criteria given for the main Knowledge Msnagement models to the Technology Based Firms.*

Keywords – Knowledge management; Technology Based Firms; Knowledge; criteria.

I. INTRODUCCIÓN

Se ha demostrado qué dentro del crecimiento de cualquier organización la inversión en desarrollo e innovación son factores importantes, sin embargo en el caso Latinoamericano y particularmente en Colombia según Datos del Observatorio de ciencia y tecnología (OCyT), Colombia presenta índices de inversión muy bajos con respecto incluso a otros países latinoamericanos: El ACTI (Actividades de ciencia, tecnología

e Innovación) en los últimos cinco años no ha superado el 0,50 % del Producto Interno Bruto (PIB) y la inversión en investigación en desarrollo para el año 2013 fue apenas del 0,224% del PIB, cuando en países de referencia como Alemania, Brasil y Estados Unidos la inversión en I+D ha sido de 2,54%, 1,1% y 2,72% respectivamente [1].

Adicionalmente existen otros factores que afectan a las empresas en su crecimiento y establecimiento como lo son: la tendencia del conocimiento a ser tácito, informal y no registrado en las empresas, la poca o nula valoración del Know how de la empresa frente a la importancia que éste representa y sus deficiencias de comunicación [2].

Aunque la inversión no es la única razón que dificulta el adecuado desarrollo de las empresas, entre éstas las de base tecnológica, sí afecta considerablemente el potencial de crecimiento que se puede generar, lo que valida la necesidad de herramientas que ayuden a las empresas en su desarrollo misional.

El uso de la Gestión del Conocimiento (En adelante GC) dentro de las empresas favorecería el control de las situaciones e inconvenientes anteriormente nombrados, sin embargo se ha evidenciado que los modelos existentes para la GC son insuficientes para estructuras empresariales específicas en los diferentes sectores productivos [3], estos vacíos en la aplicabilidad de los modelos más reconocidos para uso

empresarial hacen imprecisa la implementación y evaluación, dificultando su validación dentro de la empresa. Si la empresa desea aprovechar los beneficios reales de la GC, su adecuación a las necesidades y características de cada empresa debe ser un paso preliminar y fundamental a su aplicación, con el fin de hacer un trabajo veraz y acertado.

La investigación mediante la cual se establecieron los criterios de los diferentes modelos de GC aplicables a Empresas de Base Tecnológica se realizó a través de consulta de diferentes textos guías; en principio se realizó la conformación de la estructura total en los temas de interés a través de libros, ampliando esta información posteriormente con documentos específicos en la temática de interés, en bases de datos académicas y páginas de internet, para finalmente mediante artículos de investigación terminar de ahondar en la temática de investigación.

II. EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA

Las Empresas de Base Tecnológica (en adelante EBT's) generalmente son pequeñas o medianas y actúan en sectores de alta tecnología, basadas en el grado de intensidad en I+D [4], es decir, que puede considerarse EBT toda organización productora de bienes y servicios, comprometida con el diseño, desarrollo y producción de nuevos productos y/o procesos de

fabricación innovadores, a través de la aplicación sistemática de conocimientos técnicos y científicos [5], [6].

Las EBT's están ligadas con entes colaboradores como: incubadoras de empresas, parques científicos y tecnológicos, centros de investigación y/o desarrollo tecnológico y universidades, ya que estos han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de pequeños negocios tecnológicos al darles la infraestructura y los servicios de acompañamiento necesarios para su arranque y consolidación con el fin de lograr un impacto regional [7].

A. Ciclo de vida de las EBT's

Las EBT's se originan a partir de una idea innovadora que surge en un proyecto por parte de los investigadores, a través de los conocimientos científicos, técnicos y tecnológicos pero sin contar con herramientas ni conocimientos de gestión. Posterior al desarrollo de la idea, se fortalece el equipo con expertos en la tecnología para generar un plan de negocio que permita la financiación y sostenimiento en el momento de convertir el proyecto en una unidad de negocio [8].

A medida que la tecnología evoluciona para convertirse en una empresa de alto crecimiento (Fig.1), el liderazgo del proyecto debe evolucionar de un enfoque meramente científico y tecnológico a un enfoque empresarial [8]:

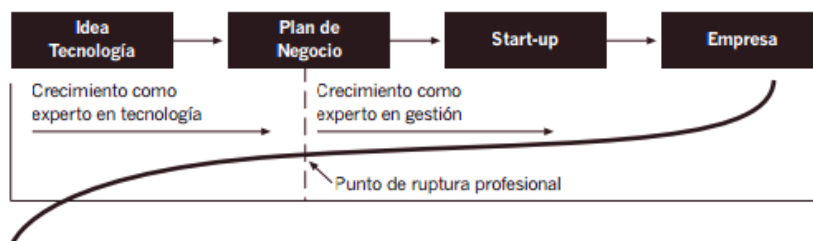


Figure 1. Creación de la EBT [8]

La curva de crecimiento de las EBT's es diferente a las de las empresas tradicionales, como lo muestra la Fig. 2, estas últimas gastan lo mínimo buscando el menor riesgo de inversión y obtienen un crecimiento limitado (Curva A) [8]. En

el caso de las EBT's (Curva B) al inicio cuenta con grandes inversiones generando altos riesgos, pero establece las condiciones económicas óptimas para que llegue al mercado pronto, y su crecimiento sea representativo [8].

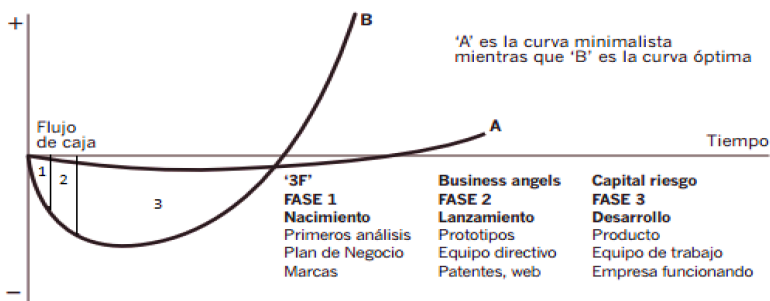


Figure 2. Ciclo de vida de las EBT's [8]

Dentro de la fase de crecimiento se establecen tres sub-fases: Nacimiento, Lanzamiento y Desarrollo [8]. En la primera

sub-fase con el apoyo financiero del ente colaborador se establece todo el plan de negocio y primeros análisis de

desarrollo; En la segunda, se posee el apoyo de un ente financiador y se inicia el proceso de desarrollo inicial del producto (prototipos), pre-validación en el mercado y definición del equipo directivo de la empresa y su constitución; y en la última sub-fase se ingresa a un financiamiento mayor donde se busca consolidar la empresa constituida, por lo tanto se requiere un producto o servicio final listo para la comercialización y venta.

B. Principales Características de las EBT's

Las EBT's presentan una serie de características diferenciadoras y representativas frente a las empresas tradicionales, las cuales se muestran a continuación [5], [8]:

- En comparación con las grandes corporaciones, son empresas muy pequeñas que ocupan poco personal y producen bienes y servicios con alto valor agregado.
- Son empresas que gracias a su grado de especialización trabajan por proyectos.
- Poseen mayor capacidad para incorporar nuevas trayectorias en la mejora de productos tradicionales, generando nuevos desarrollos de forma incremental.
- La flexibilidad constituye la óptima práctica productiva. El carácter programable de los equipos. Permite superar la rigidez de las viejas plantas, reduciendo la importancia de las economías de escala basadas en técnicas intensivas de producción en masa, ya que se independiza la escala de producción de la escala de mercado.
- La especialización de los equipos permite modificaciones más rápidas en los planes de producción, elevados niveles de eficiencia en la fabricación de productos distintos, diversos modelos y volúmenes variables.
- Tienen un mayor dinamismo tecnológico, pudiendo integrarse el diseño al proceso productivo. Ello implica una integración entre los centros de investigación, desarrollo e ingeniería de diseño, desempeñando un papel crucial en la gerencia estratégica de la empresa.
- Adaptación de la producción a la demanda, desarrollándose las condiciones para que la diversidad de la propia demanda multiplique la oferta de productos y la posibilidad de inversión, abriendo nuevos mercados, así como el diseño de equipos y componentes, factores motrices de crecimiento.
- Tiene un nuevo esquema organizativo. La organización tiende a la red integrada de los procesos, con énfasis en las conexiones y en los sistemas de interacción, y orientada a la coordinación tecno-económica global.
- Se pueden generalizar como pequeñas y medianas empresas (En adelante PYMES) que buscan la unión academia-empresa con el fin de brindar productos y/o servicios de alta tecnología de carácter innovador con base en conocimientos técnicos y científicos especializados.

C. Las Empresas de Base Tecnológica en Colombia

El nacimiento formal en Colombia de las EBT's se dio a partir del año de 1994 con la creación de la primera entidad dedicada a fomentar la investigación y la innovación llamada Innovar. A partir de ésta empezaron a nacer varias entidades a las cuales se han ido vinculando las empresas de Base tecnológica.

Los factores críticos para la creación de EBT's en Colombia según Moreno Cuello y Ramos Camargo [9], son tres: Microeconómicos que son el potencial productivo de los sectores conexos, el cambio tecnológico, el tiempo de recuperación de la inversión, entre otros; Mesoconómicos son el tamaño del mercado, acceso a financiamiento, instituciones gubernamentales de fomento, capital semilla, trámites para la creación de empresas, y otros; y Macroeconómicos que son la política cambiaria, fomento a las importaciones y exportaciones, la política tributaria y demás. En una investigación desarrollada por la Universidad Nacional de Colombia [10] a varias EBT's colombianas se identificaron diferentes problemas para su creación y operación dentro del país, entre las principales dificultades se destacan:

- Existe dilatación en los tiempos de respuesta cuando acuden a Entidades de apoyo como parques tecnológicos para la participación en proyectos de financiación por lo que prefieren no hacerlo.
- No existe continuidad en el apoyo de nuevos proyectos tecnológicos generados desde centros de investigación o universidades, una vez finalizado el proyecto este pasa a ser parte de la empresa que financió el proyecto.
- Las EBT's perciben falta de comunicación con las entidades con las que interactúan como financiadores o colaboradores, por lo que han tenido que dedicar personal específico a manejar este tipo de información.
- Es débil la colaboración entre universidad-empresa para la generación de nuevas EBT's, esto debido a que en muchos casos se le da mayor importancia al desarrollo teórico que al experimental.

Dentro del proceso de investigación se quiso hacer énfasis en el desarrollo y funcionamiento de las EBT's en Colombia, sin embargo debido a la informalidad o falta de reconocimiento en el país a este sector no se encuentran información que apoyen estos procesos. Adicionalmente tampoco se manejan cifras relacionadas con la GC directamente, sin embargo se hace referencia a la innovación teniendo en cuenta la estrecha relación que maneja la GC y la innovación, siendo esta última el resultado de la interacción entre la GC y la tecnología como lo afirma Martínez Aldanondo [11]; es así como en el país, la inversión en actividades de innovación ha aumentado paulatinamente durante los últimos diez años, siendo las entidades del gobierno y las empresas, las que más invierten en estas actividades, 50,18% y 30,87% respectivamente [1].

III. MODELOS REPRESENTATIVOS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

A través de los años se han ido generando modelos de GC con diferentes enfoques que pretenden abarcar aspectos que en

otros modelos habían sido limitados. A continuación se presentan de manera resumida los modelos de GC aplicables a EBT's.

A. Modelo de Nonaka y Takeuchi

El modelo reconoce cuatro procesos (socialización, externalización, combinación e internalización) que se desarrollan como un ciclo a través del manejo del conocimiento tácito y explícito, ilustrado en la Fig. 3:

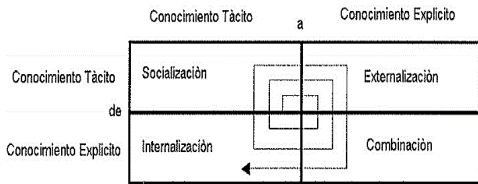


Figure 3. Modelo de Nonaka y Takeuchi [12]

B. Modelo de Wiig.

El modelo es trabajado en la Agencia Nacional De Infraestructura [12] y por Paniagua Arís [13], se basa en un principio fundamental: "Para que el conocimiento pueda ser útil debe estar organizado". El modelo es un ciclo de cuatro etapas que se explica como sigue:

- Revisar: Proceso mediante el cual evalúa los resultados de las decisiones y procesos llevados a cabo, Además, de comparar las lecciones de las experiencias empresariales con las nuevas para la toma de decisiones
- Conceptualizar: Consiste en realizar inventario del conocimiento de la empresa para proyectar su estado actual, sus fortalezas y debilidades.
- Reflejar: Definir acciones de mejora requeridas para dar solución a las problemáticas que presente la empresa.
- Actuar: Convertir las acciones de mejora planeadas o identificadas en los planes de acción para dar inicio a los proyectos y consolidar el conocimiento.

Es necesario anotar que el modelo propuesto no se enfoca solo al desarrollo interno en las empresas, sino que adicionalmente abarca dentro de su ciclo los desarrollos

externos como complemento a la Gestión del Conocimiento Empresarial.

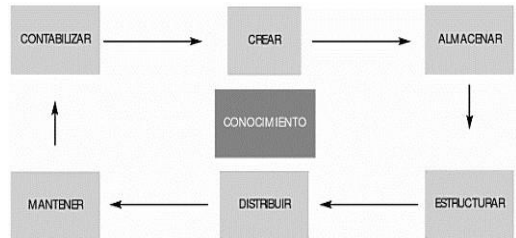
C. El ciclo del conocimiento de García-Tapiál

A través de García y Tapiál [14] se crea un modelo que hace referencia a las fases del conocimiento por las cuales las empresas pasan, y el tratamiento o manejo que tiene cada una de las fases dentro de la misma. Se puede considerar que la estructuración del ciclo comienza con la identificación del conocimiento organizacional, pasando posteriormente por la creación de nuevo conocimiento, su almacenamiento, estructuración, distribución, mantenimiento y contabilización. En la Fig. 4 se puede observar de forma estructurada el ciclo.

Figure 4. Representación del ciclo del conocimiento empresarial [14]

D. Modelo de Gestión del Conocimiento de Karagabi.

El modelo se centra en tres aspectos esenciales: una metodología de intervención, es decir, ser una guía para el proceso de diseño de la organización orientada al



conocimiento; una librería de modelos de conocimiento que permite representar conocimiento sobre distintos aspectos relevantes de la organización y una base de conocimiento de experiencia de aplicación del modelo, ver Fig. 5. Para el desarrollo de este se aplicaron diferentes, técnicas y modelos organizaciones, de ingeniería del conocimiento y ontologías, sistemas basados en el conocimiento, la GC y la gestión por procesos [15].

Según Capote et al. [15] y Paniagua Arís [13], la secuencia del modelo es: Adquisición del conocimiento, Indexación, Filtrado y Enlace, Distribución y Aplicación, siendo los últimos tres pasos los que garantizan la implementación de mejoras dentro de la empresa.

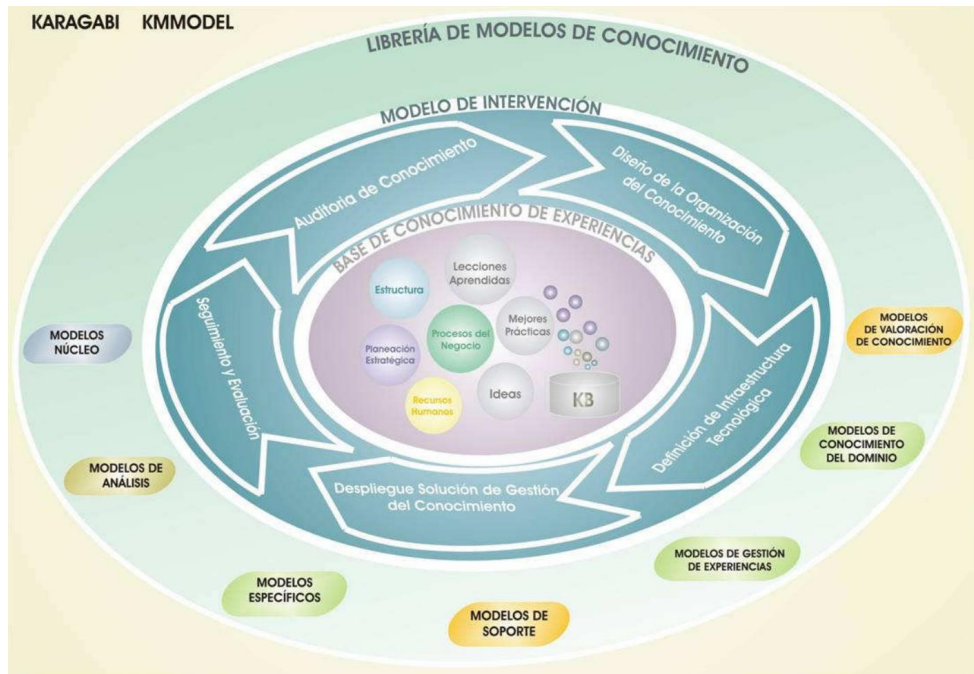


Figure 5. Componentes del Modelo de Karagabi KM Model [16]

E. Modelo de Gestión del Conocimiento organizacional para Empresas que trabajan por proyectos.

El modelo generado por Delgado Victore y Montes de Oca Richardson [17] tiene como objetivo la estructuración de un modelo que facilite la GC para empresas que trabajen por proyectos, aplicando las siguientes etapas: Adquisición y desarrollo de conocimiento, Retención del conocimiento, Compartir y distribuir el conocimiento y Utilización de conocimiento.

F. Modelo para fortalecer el rol de las PYMES en emprendimiento en Bogotá D.C.

Es un modelo de GC desarrollado por Triana, Medina, y Rodríguez [18] basado en las necesidades de las PYMES bogotanas, ver Fig. 6. A través del modelo se adopta el Cuadro de Mando Integral de Kaplan y Norton con sus perspectivas financieras, cliente, procesos, aprendizaje y conocimiento y el modelo de excelencia EFQM (Modelo Europeo de Excelencia orientado a resultados, cliente, liderazgo y coherencia, gestión por procesos, Innovación, mejora y aprendizaje, alianzas y responsabilidad social) en dos fases principales como se explica a continuación:

1) Fase I Mediante la cual se establecen los diferentes procesos estratégicos

Misión y visión de la PYME, Cuadrante Gestión de la cadena de Valor, Cuadrante desarrollo y Gestión de SI y aplicación de las nuevas TIC, Cuadrante GC - gestión de innovación - Gestión del capital humano, Cuadrante gestión de marketing y PYME extendida.

2) Fase II Aplicación del modelo EFQM de excelencia

Se realiza adaptando el modelo EFQM al de excelencia con las siguientes etapas:

- Definición de objetivos para la GC
- Proyecto de personal GC
- Mapa de conocimiento de la Organización
- Clientes – Proveedores – Conocimiento
- Red de conocimiento y TIC
- La rutina diaria
- La mejora continua.

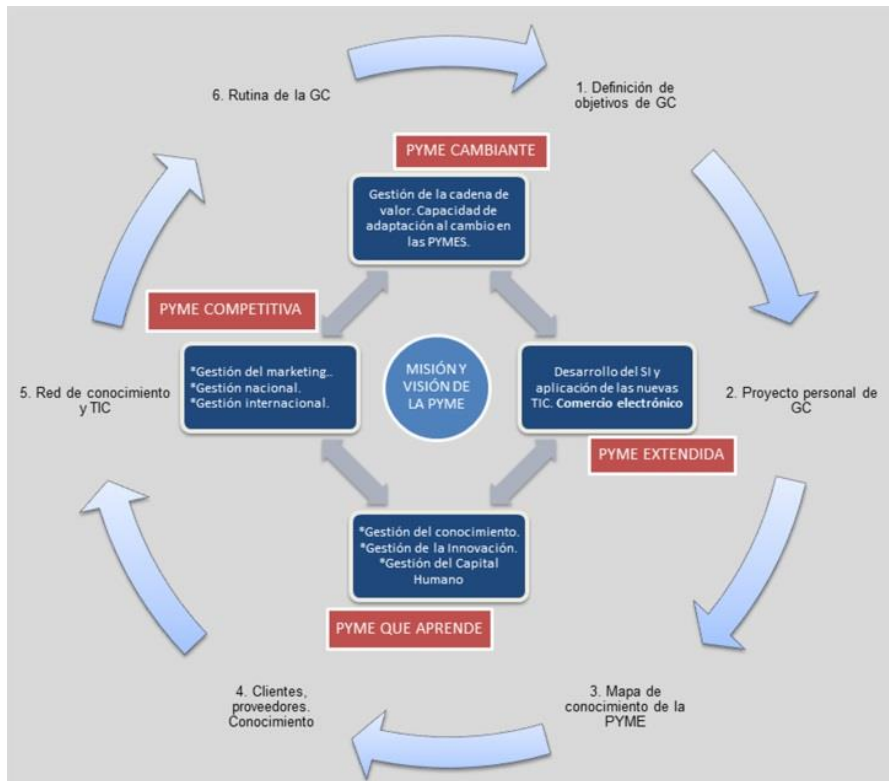


Figure 6. Modelo de GC aplicado en PYMES colombianas [18]

G. La Gestión del Conocimiento como herramienta para la innovación en una Empresa de Base Tecnológica

Florez González [6] en su trabajo presenta una metodología para analizar a la GC dentro de una EBT tomando de base todo el referencial teórico con respecto a modelos de GC más representativos y la realidad de las EBT's en el contexto latinoamericano. Las técnicas y procedimientos para la GC aplicados son:

- Definición estratégica
- Identificación y adquisición de conocimientos disponibles y requeridos

Cuando se ha establecido la necesidad de conocimiento la organización define la estrategia que aplicará para adquirirlo, según los autores existen tres formas de atender esas necesidades de conocimiento:

- Generación de conocimiento
- Adquisición y asimilación de conocimientos externos
- Importación de conocimientos
- Identificación y aplicación de un modelo de GC para EBT's

- Indicadores para la medición.

H. Modelo conceptual de Gestión del Conocimiento en un sistema de incubadoras de Empresas de Base Tecnológica.

A través del análisis de la situación de las EBT's, sus incubadoras a nivel mundial y local (El caso de México) y los modelos de GC más representativos se genera un modelo aplicable a este tipo de organizaciones [19]. Con base en la investigación desarrollada, el autor genera un modelo aplicable enfocado en los siguientes pasos fundamentales:

- Identificación de elementos primarios
- Selección de socios
- Administración de los capitales intangibles
- Generación de memoria organizacional

IV. LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA.

Teniendo en cuenta el desarrollo teórico de la GC, los diferentes modelos explicados y las características de las EBT's se han encontrado fases o lineamientos que favorecerían la aplicación de la GC. A continuación se relacionan las características que se han encontrado pertinentes:

- La Gestión del Conocimiento como ciclo de interacción entre conocimiento tácito y explícito
- Estructuración de las etapas del conocimiento (Definición de objetivos, Inventario y clasificación de conocimiento, Creación o recepción de Conocimiento y Comunicación o Distribución del conocimiento).
- Inventario de conocimiento como eje de funcionamiento.
- Aplicación de Indicadores de medición y mejora continua

Sin embargo es bien conocido que el conocimiento al no ser tangible se dificulta su medición exacta. A través de los diferentes autores se han evidenciado indicadores útiles para la medición de puntos específicos de la aplicación de la GC empresarial, entre otros se encuentran el porcentaje de conocimiento del cargo o tarea, porcentaje de conocimiento del CORE de la empresa, nivel de rotación de personal, grado de utilización de las bases de conocimiento, porcentaje de conocimiento útil a la organización, percepción de seguridad y confianza para compartir el conocimiento y ambiente laboral. Específicamente se ha encontrado útil el modelo de Excelencia EFQM como modelo de mejora continua organizacional, esto debido a que dentro de su estructura se puede evidenciar un enfoque ligado a la GC y evaluación como factor diferenciador para la empresa.

A manera de resumen se ha realizado un cuadro informativo con respecto a los principales aportes de cada uno de los modelos de GC estudiados para las Empresas de Base Tecnológica (Tabla I).

TABLE I. CARACTERÍSTICAS RELEVANTES DE LOS MODELOS DE GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO PARA LA APLICACIÓN A EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA

MODELO	APORTE
NONAKA Y TAKEUCHI	Aplicación de los procesos del conocimiento: Socialización, Externalización, combinación e Internalización.
WIIG	Aplicación del ciclo Revisar-Conceptualizar-Reflejar-Actuar para el desarrollo de la GC.
	Propuesta del inventario de conocimiento.
	Acciones de mejora.
GARCIA-TAPIAL	Implementación de una estructura más específica para la GC a través del proceso de Identificación-Creación- Almacenamiento-Estructuración-Distribución- Mantenimiento-Contabilización.
	Establecimiento de la necesidad de indicadores de medición.
KARAGABI	Aplicación específica del filtrado y catalogación dentro del proceso del inventario de Difusión del conocimiento e información adquiridos.
DELGADO Y MONTES	Enfoque a empresas que trabajen por proyectos
	Ciclo de GC a través de Identificar-Adquisición y desarrollo de conocimiento - Retención de conocimiento - Distribuir y compartir el conocimiento.
	Manejo de catalogación específica para la retención del conocimiento.
TRIANA, MEDINA Y	Propuesta de aplicación de un modelo de excelencia (EFQM) en la GC.
	Enfoque hacia el aprovechamiento de las TIC
	Manejo e interacción con Stakeholders.

MODELO	APORTE
RODRIGUEZ	Evaluación de la pertinencia de la GC en la empresa con la mejora continua.
FLOREZ GONZALES	Uso de herramientas específicas para la definición de estrategias de la GC.
	Definición de las deficiencias de conocimiento - Gap de conocimiento organizacional
	Uso de indicadores para la medición de la GC.
GÓMEZ	Manejo y cercanía con Stakeholders
	Aplicación de las lecciones aprendidas como fuente importante de conocimiento organizacional.

V. CONCLUSIONES

A partir de la investigación realizada se ha podido concluir lo siguiente:

La carencia de especificidad en los modelos de GC comúnmente reconocidos no permite su adecuada utilización e implementación, ya que dejan vacíos con respecto a aspectos específicos de los diferentes tipos de empresas en su implementación.

No existe información clara y de fácil acceso que permita evidenciar el panorama de las EBT's en Colombia, sin embargo si se evidencia la falta de apoyo existente tanto para la creación como para mantenimiento de estas dentro del país.

La problemática presentada para las EBT's en Colombia les obliga a generar mecanismos que les permitan su establecimiento como empresas. La gestión del conocimiento es por lo tanto una herramienta útil y necesaria para lograrlo.

Dentro de la investigación se encontró que la estructura más trabajada para todos los modelos de GC estudiados es como sigue: Análisis de conocimiento existente dentro de la empresa – Adquisición de nuevo conocimiento para la empresa – Estructuración del conocimiento para el uso de la empresa – comunicación del nuevo conocimiento a los individuos de la empresa y establecimiento/implantación del conocimiento dentro de la empresa.

El mapa de conocimiento es una de las herramientas principales de la función del conocimiento con el fin de especificar la cantidad de conocimiento que la empresa posee en un momento determinado y la brecha entre este y el conocimiento requerido.

La recopilación de conocimientos a través de herramientas potentes, son necesarias dentro de la GC ya que permiten la trazabilidad del conocimiento dentro de la empresa, evitando reprocesos o pérdida de conocimiento importante para la empresa y el desarrollo de sus actividades misionales.

La generación de mecanismos de medición tanto para la validación de la aplicación del modelo de GC como para los beneficios de su implementación permite la adaptación de mecanismos de mejora que ayuden a la empresa a considerar la GC como un proceso cíclico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología, «Indicadores de ciencia y tecnología», Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Bogotá, p. 240, 2013.
- [2] European Committee for Standardization, «European Guide to good Practice in Knowledge Management-Part 4: Guidelines for Measuring KM», Knowl. Manag., p. 35, 2004.
- [3] M. E. Martínez Soto, «Desarrollo de un modelo de gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la industria alimentaria.», Universidad Politécnica de Madrid, 2011.
- [4] I. March Chordá y R. Mora Esquivel, «Creación de empresas de base tecnológica: factores de éxito y fracaso», Revista de contabilidad y dirección, n.o 5. Asociación Catalana de Contabilidad y Dirección, ACCID, pp. 97-120, 2007.
- [5] A. J. Briones Peñalver y J. C. García Martínez, «Estrategias para industrias con base tecnológica: aspectos significativos en la creación de empresas innovadoras de base tecnológica», FISEC-Estrategias - Fac. Ciencias Soc. la Univ. Nac. Lomas Zamor, vol. 20, pp. 131-148, 2008.
- [6] S. V. Florez González, «La Gestión Del Conocimiento Como Herramienta Para La Innovación En Una Empresa De Base Tecnológica», Instituto Politécnico Nacional De México, 2011.
- [7] H. Merritt, «Las empresas mexicanas de base tecnológica y sus capacidades de innovación: una propuesta metodológica», Trayectorias, vol. 14, n.o 33-34, pp. 27-50, 2011.
- [8] Asociación Nacional de Centros Europeos de Innovación Españoles, La creación de empresas de base tecnológica: una experiencia práctica, Primera. Navarra: KEN, 2003.
- [9] J. L. Moreno Cuello y J. L. Ramos Camargo, «Factores determinantes de la creación de empresas de base tecnológica en Colombia», Revista de Economía del Caribe, n.o 12. 12-dic-2013.
- [10] I. D. Hernández Umaña, R. Alvarez, C. Blanco, y A. Carvajal, «El ascenso de la “mano invisible”: análisis para el surgimiento de un mercado formal de financiación para empresas de base tecnológica (EBT) en Colombia», abr. 2011.
- [11] J. Martínez Aldanondo, «La relación (no bien entendida) entre gestión del conocimiento e innovación», Catenaria - Gestión del Conocimiento, ago-2012.
- [12] Agencia Nacional De Infraestructura, «Guía Para La Gestión Del Conocimiento», 2012. [En línea]. Disponible en: http://ani.gov.co/sites/default/files/u233/8-_guia_para_la_gestion_del_conocimiento_ani.pdf. [Accedido: 19-abr-2015].
- [13] E. P. Aris, La gestión tecnológica del conocimiento. EDITUM, 2007.
- [14] J. García-Tapial Arregui, Gestión del conocimiento y empresa Una aproximación a la realidad española. EOI, 2002.
- [15] J. Capote, C. J. Llanten, C. Pardo, y C. Collazos, «Knowledge management in a software process improvement program in micro, small and medium-sized enterprises: KMSPI Model», Rev. Fac. Ing. Antioquia, pp. 223-235, 2009.
- [16] A. de J. González, C. Z. Joaquín, y C. A. Collazos, «KARAGABI KMMODEL: Modelo de referencia para la introducción de iniciativas de gestión del conocimiento en organizaciones basadas en conocimiento», Ingeniare. Rev. Chil. Ing., vol. 17, n.o 2, pp. 223-235, ago. 2009.
- [17] R. Delgado Vitore y M. Montes de Oca Richardson, «Modelo de Gestión del Conocimiento organizacional para Empresas que trabajan por Proyectos», vol. 5, 2011.
- [18] J. Triana, V. Medina, y J. I. Rodríguez, «Modelo para fortalecer el rol de las PYMES en el emprendimiento de Bogotá D. C.», Rev. Científica Cienc. e Ing. la Univ. Dist., vol. 17, pp. 131 - 147, 2012.
- [19] J. Gomez, «Modelo conceptual de Gestión del conocimiento, en un Sistema de Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica», 2011.

Comportamento Saudável com Aplicativos Sociais

Proposta de estudo de evolução do uso de aplicativos sociais de fitness no Facebook

Healthy Behavior with Social Apps

Proposal for evolution study of the use of fitness social apps on Facebook

Fábio Paschoal Júnior, Nelson Francisco Favilla
Ebecken

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
COPPE - NTT
Rio de Janeiro, Brasil
fabiopjr@yahoo.com.br, nelson@ntt.ufrj.br

Gabriel Vinicius Silva Ribeiro, Leandro Moniz de
Aragão Daquer, Renato Campos Mauro, Eduardo
Soares Ogasawara

CEFET/RJ – Escola de Informática e Computação (EIC)
Departamento de Informática (DEPIN)
Rio de Janeiro, Brasil
gabriel.vinicius92@hotmail.com,
leandro.daquer@outlook.com, renato.mauro@gmail.com,
cogasawara@ieec.org

Resumo — O desenvolvimento de Aplicativos Sociais (AS), os quais trabalham com bio-sensores (GPS, acelerômetros, giroscópios, monitores cardíacos, pulseiras inteligentes e relógios inteligentes) e que permitem o compartilhamento cada vez maior de informações relevantes nas redes sociais, vem crescendo com a popularização das redes sociais e da utilização desses AS nos dispositivos móveis. Assim, é possível definir um Padrão Comportamental do Usuário (PCU) com algum foco específico de estudo. Dessa forma, esse artigo apresenta o trabalho em andamento de uma Tese de Doutorado que fará o estudo da evolução temporal de uso dos AS nas publicações do perfil dos usuários do Facebook. O estudo de caso é relacionado à mineração dos dados das publicações dos AS de atividades físicas (Fitness) para fazer a correlação de hábitos saudáveis e atividades físicas, com o objetivo de prever o comportamento saudável do usuário e, conseqüentemente, uma melhora em sua qualidade de vida. Para isso, está sendo desenvolvida uma ferramenta de extração de dados na forma de um AS para Facebook, tendo como atrativo a geração de rankings competitivos personalizados pelos usuários e que podem ser publicados em seu perfil do Facebook. Dada a natureza competitiva humana, espera-se uma boa propagação de uso deste AS, o que permitirá a mineração dos dados para definir o PCU de hábitos saudáveis, onde esse PCU poderá ser utilizado para motivar os usuários a ter uma melhor qualidade de vida e, nesse sentido, diminuir o sedentarismo e os riscos para doenças associadas ao sedentarismo.

Palavras Chave – mineração de dados; redes sociais; Facebook; aplicativos sociais; dispositivos móveis; qualidade de vida; sedentarismo.

Abstract — The development of Social Applications (AS), that work with bio-sensors (GPS, accelerometers, gyroscopes, heart monitors, smart wristbands and smart watches) and which allow increased sharing of relevant information in social networks, is growing with the popularity of social networks combined to use AS mobile devices. Thus, it can define a User's Behavioral Pattern (PCU) with a particular focus of study. Therefore, this paper presents the work in progress of a doctoral dissertation

that will study the time evolution of the use of AS in the publications of Facebook users' profiles. The case study is related to publications data mining of AS for physical activities (Fitness) to correlate healthy habits and physical activity, in order to predict the user healthy behavior and hence an improvement in their quality life. To do this, we are developing a data extraction tool through an AS to Facebook, and its attractive point is the generation of competitive rankings customized by users and that can be published to your Facebook profile. Given the human competitive nature, it is expected a good spread of use of this AS, which will allow data mining to define the PCU healthy habits, where this PCU can be used to entice users to have a better quality of life and in this sense, decrease physical inactivity and risk for diseases associated with inactivity.

Keywords – data mining; social networks; Facebook; social apps; mobile devices; quality of life; inactivity.

I. INTRODUÇÃO

As Redes Sociais Online (RSO) já são parte do cotidiano da humanidade, dado o constante crescimento do número de usuários e do aumento de seu tempo de utilização [1]. Assim, são bons instrumentos para o estudo e a análise do comportamento humano [2], incluindo a influência que os usuários exercem uns sobre os outros através de seu uso e das formas de interação [1,3].

Essas interações [3–7] geram um grande volume de dados [8] e para fazer a recuperação e a análise desses dados é necessária a utilização de recursos computacionais que contenham grande eficiência [9].

O Facebook é a RSO com a maior quantidade de usuários [10] e a sociabilidade entre seus usuários provoca sentimentos e contágio emocional entre os mesmos [11,12]. Esse contágio pode ser tanto positivo quanto negativo. É positivo quando o usuário se torna solidário ou participativo ao que foi compartilhado [13]. É negativo quando o usuário se torna intolerante de alguma forma (religiosa, racial, política ou

cultural), ou incite atos violentos, exponha crimes ou situações ilícitas ou planeje crimes [14,15].

Uma boa parte dos Aplicativos Sociais (AS) foram desenvolvidos para permitir que os usuários de dispositivos móveis inteligentes compartilhassem experiências e conteúdos cotidianos nas RSO [16]. Devido a isso, há um rico material disponibilizado nas RSO que permitem a análise de comportamentos [7,11,17] e, consequentemente, identificar os Padrões Comportamentais dos Usuários (PCU).

Essa riqueza de informações disponibilizadas pelos AS provém do uso combinado dos dispositivos móveis inteligentes com tecnologias de geo-referenciamento (GPS, acelerômetros e giroscópio) e com bio-sensoriamento (tecnologias de vestir, como monitores cardíacos, sensores, relógios inteligentes e pulseiras inteligentes) [8,18], disponibilizando informações relevantes para o estudo dos PCU nas RSO [19].

Para coletar as informações do Facebook com o objetivo de definir os PCU de seus usuários, está sendo desenvolvido por este trabalho um AS denominado FitRank, o qual fará o monitoramento de atividades físicas postadas no Facebook, criará rankings competitivos e permitirá uma competição social com o intuito de estimular os usuários dessa RSO a terem um comportamento mais saudável, através da socialização entre os usuários com distância de um ou mais nós (amigos e amigos dos amigos) [20].

Dessa forma, essa competição social fará que ocorra uma motivação entre os usuários, na forma de mudança comportamental, que os levará a ter uma melhor qualidade de vida com a prática regular de atividades físicas [21], podendo ser considerada tanto uma ação preventiva de saúde quanto um monitoramento proativo da realização de atividades físicas [18], sendo provável que provocará uma economia nos gastos relacionados com o cuidado com a saúde.

Os principais AS de acompanhamento de atividades físicas que permitem o compartilhamento dos detalhes da atividade no perfil do usuário no Facebook, e que contém uma maior quantidade de usuários [22] são: Nike+ Running [23,24], Runtastic Corrida e Caminhada [25,26], Runtastic PRO GPS Correr [27], Runtastic Road Bike Ciclismo [28], Runtastic Road Bike PRO GPS [29], Runtastic Mountain Bike GPS [30] e o Runtastic Mountain Bike PRO [31]. Esses AS de atividades físicas serão minerados pelo FitRank, onde foram considerados como escolha os critérios de o grande número de usuários e a forma de publicação desses AS nas RSO ou na Internet.

A partir desses dados minerados o FitRank gerará rankings como maior distância percorrida, ou maior velocidade média, dentre outras possibilidades. O seu pioneirismo dar-se-á pela comparação dos dados postados por diferentes AS de atividades físicas, já que independentemente do AS utilizado, dentre as opções listadas acima, as informações serão unificadas em um único ranking do FitRank. Assim, em um mesmo ranking será possível ter usuários que fizeram suas atividades físicas com AS diferentes, permitindo uma maior interação social de seus usuários.

A forma preferencial de criação de conexões entre os usuários do Facebook ocorre de forma off-line, ou seja, os usuários se conheceram previamente ao uso do Facebook, seja

na forma de manter um relacionamento já existente, seja na forma de retomar relacionamentos antigos ou reforçando relacionamentos recentes [2,4,20,32]. Com o uso do FitRank será motivada a criação de conexões no Facebook com distância de 2 ou mais nós, ou seja, conexões com os amigos dos amigos, para que os amigos dos amigos passem a fazer parte do ranking do usuário, tendo em vista que o FitRank só irá colocar no ranking os amigos do usuário. Assim, essas novas conexões com os amigos dos amigos dar-se-ão de forma exclusivamente online [20].

O FitRank irá extrair os dados privados das atividades físicas postadas no Facebook, mediante a autorização prévia de seus usuários [13,33], tendo como objetivos: i.) acompanhar a evolução temporal de utilização dos AS de atividades físicas; ii.) identificar e traçar padrões de influência entre os usuários e; iii.) incentivar a socialização dentro do Facebook entre os usuários do FitRank, motivadas pela natureza humana competitiva [20].

Porém, o objetivo principal deste trabalho é criar uma arquitetura escalável de mineração de dados do Facebook, que permitirá a classificação dos usuários conforme a utilização de AS que publicam informações no Facebook. Assim, este trabalho se propõe: i.) avaliar o padrão de evolução de uso dos AS; ii.) classificar os perfis de usuários e; iii.) fazer a análise comportamental do usuário com a evolução temporal de propagação de uso dos AS [19].

II. APLICATIVOS SOCIAIS EM SMARTPHONES

A utilização dos AS em smartphones permite ter a ubiquidade no AS, onde eles estão disponíveis a qualquer hora, para ser utilizado em qualquer lugar e para muitas atividades distintas. São utilizados de forma simples e com toda a sua complexidade sendo transparente ao usuário [8,34].

Isso inclui o uso de conexões de redes, possibilitando tanto a comunicação com sistemas de geo-referenciamento quanto com a Internet [19]. Com esses recursos, os AS em smartphones estão se tornando boas ferramentas persuasivas a favor de seus usuários obterem uma melhor qualidade de vida associada à mudança de estilo de vida mais saudável [21].

O bio-sensoriamento móvel dos usuários dos AS motivam essa persuasão, já que permitem disponibilizar propriedades de seus usuários como uma evolução temporal de utilização, fornecendo dados detalhados das atividades físicas realizadas. Esse bio-sensoriamento se dá tanto pelos sensores embutidos nos smartphones quanto pelos sensores externos que podem ser acoplados, incluindo o GPS, acelerômetro, giroscópio, monitor cardíaco, pulseiras inteligentes e relógios inteligentes. Essas informações podem também ser utilizadas para criar um histórico da evolução da prática de atividades físicas e esse histórico pode ser utilizado para diversos fins, como um acompanhamento médico da saúde do usuário, ou traçar um perfil de prevenção de doenças para o usuário obter algum tipo de desconto em planos privados de saúde, ou um plano de recompensas conforme a quantidade e qualidade das atividades físicas realizadas, dentre outras possibilidades.

O Facebook reclassificou a maioria dos AS de atividades físicas como uma subcategoria da categoria de Jogos [23,25,35,36], mesmo eles sendo definidos como AS de saúde

e fitness . A Fig. 1 ilustra como era essa classificação e como está atualmente.

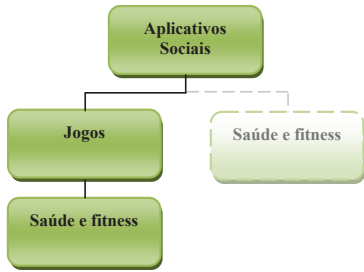


Figure 1. Categorias simplificadas de AS no Facebook

A utilização de AS em postagens do Facebook enriquecem as informações disponibilizadas, permitindo inferir características importantes dos usuários, como o seus hábitos, gostos, preferências, locais e comportamento.

III. EXTRAÇÃO DE DADOS DO FACEBOOK

Para fazer a extração dos dados do Facebook, são disponibilizadas algumas *Application Programming Interfaces* (APIs), tanto pelo Facebook quanto por terceiros. Dentre algumas opções de API, o Facebook disponibiliza a sua principal API, denominada Graph API, a qual possibilita a postagem e a recuperação de informações nos perfis dos usuários do Facebook [37]. Para utilizar essa API, os AS necessitam de autorizações do Facebook e de seus usuários, onde são disponibilizadas respostas às consultas nos formatos *JavaScript Object Notation* (JSON) ou *Extensible Markup Language* (XML).

Há uma API desenvolvida por terceiros, denominada API RestFB, que funciona de forma conjunta com a Graph API, mas de forma robusta às constantes modificações da Graph API, permitindo uma maior estabilidade de operação dos AS. Ela trabalha no ambiente Java [38].

Como os AS de atividades físicas fazem postagens no Facebook com um hipertexto para o site do AS, detalhando a atividade física realizada, a API Jsoup é adequada para extrair essas informações, já que faz a extração de informações de páginas da web. Ela é uma biblioteca desenvolvida em Java [39].

IV. MINERAÇÃO DOS DADOS EXTRAÍDOS

A mineração dos dados extraídos do Facebook já se torna um desafio pela grande quantidade de dados heterogêneos disponível nesta RSO, tornando-se um problema de BigData [40]. Para superar esse desafio, as tecnologias de processamento paralelo e distribuído, como Hadoop [41,42], MapReduce [43], HBase [44] e Mahout [45] são adequadas para a redução do tempo de processamento e para escalar o processamento conforme a necessidade.

V. ARQUITETURA

A seguir são descritas as arquiteturas deste trabalho, iniciando pela arquitetura do FitRank, ferramenta de

extração dos dados do Facebook e, posteriormente, a arquitetura completa deste trabalho.

A. Arquitetura do FitRank

A Fig. 2 demonstra a arquitetura do FitRank. O usuário faz a sua atividade física no AS de sua preferência e faz a postagem no Facebook. O FitRank faz a extração dos dados desta postagem, utilizando a API RestFB e armazenando essas informações no banco de dados. Em outro momento, o usuário pode consultar no FitRank as informações de algum ranking já existente ou criar um novo ranking, tendo a opção de compartilhar o ranking em seu perfil do Facebook.

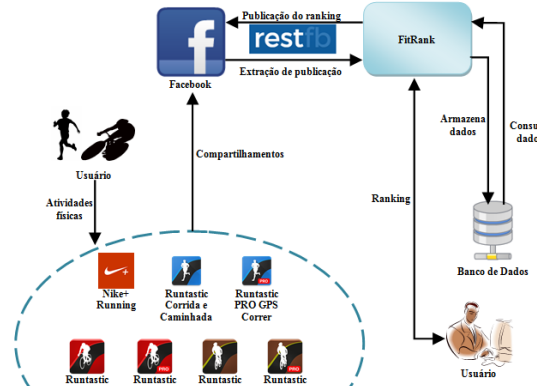


Figure 2. Arquitetura do FitRank

A Fig. 3 demonstra exemplos de postagens feitas pelos AS de atividades físicas e que serão passíveis de extração de seus dados pelo FitRank.



Figure 3. Postagens de AS de atividades físicas

B. Arquitetura completa

A Fig. 3 demonstra a arquitetura completa deste trabalho. O FitRank faz a extração das postagens do Facebook e armazena as informações no banco de dados HBase no Cluster Hadoop NTT. Esses dados são minerados para a análise do PCU, através da ferramenta de classificação “Nave Bayes” [46] e agrupamento e sumarização “K-Means Clustering” [47] do Mahout. Todas essas tarefas serão executadas em processamento paralelo e distribuído (Hadoop e MapReduce). Finalmente, a ferramenta de visualização fornece as saídas solicitadas pelo usuário.

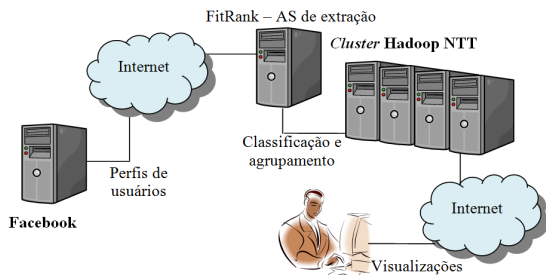


Figure 4. Arquitetura completa

VI. ESTUDO DE CASO

O PCU de comportamento saudável é o estudo de caso proposto neste trabalho. É baseado na análise dos hábitos de execução de atividades físicas dos usuários e que foram postadas no Facebook.

Para isso, serão armazenadas as informações do usuário, a atividade física, o geo-referenciamento da atividade física, as informações temporais da postagem feita no Facebook e as informações complementares de bio-sensoriamento da atividade física.

O geo-referenciamento possibilitará a mineração de dados para a descoberta de informações como a distribuição de locais de execução de atividades físicas, a frequência de utilização desses locais, os horários de maior movimento, a comunidade de usuários de uma localidade, dentre outras muitas possibilidades de descobertas.

Adicionalmente, será feita uma análise temporal de utilização dos AS para descobrir a correlação da influência que um usuário teve no outro usuário para a mudança de utilização de AS de atividades físicas, bem como se o início de novas amizades no Facebook foram estimuladas pelo uso do FitRank.

Finalmente, será feita a predição do comportamento saudável do usuário atualmente e futuramente (pouco saudável, saudável ou muito saudável), caso ele mantenha a frequência e intensidade atuais nas atividades físicas. Poderá ser feita uma recomendação para um novo comportamento para melhorar o seu nível, indicando o quanto ele deve melhorar (frequência, ou quantidade, ou desempenho ou duração) as atividades.

Essas recomendações serão feitas com base nas recomendações associadas ao estilo de vida saudável, qualidade de vida, cuidados com a saúde e combate ao sedentarismo, com a prática regular de atividades físicas recomendada pela *World Health Organization* – (WHO) [48].

A WHO afirma em [49] que a falta da regularidade de atividades físicas é um dos dez principais fatores de risco de morte, além de ser também fator de risco para problemas de câncer, diabetes e cardiovasculares. Infelizmente, 80% da população mundial adolescente e 25% da população mundial adulta são consideradas sedentárias. Complementando esse grave quadro, as pessoas sedentárias têm de 20% a 30% de aumento do risco de morte em relação às pessoas que praticam atividades físicas regularmente [49,50].

A prática regular de atividades físicas traz uma melhor qualidade de vida ao indivíduo, no sentido de prevenção de problemas de saúde, como [49,50]: a.) melhora do condicionamento cardiorespiratório; b.) fortalecimento dos músculos; c.) melhora da saúde óssea; d.) redução da hipertensão; e.) redução de doenças coronárias; f.) redução de derrames; g.) redução de diabetes; h.) redução do câncer de mama; i.) redução do câncer de cólon; j.) redução de depressão; k.) redução do risco de quedas; l.) redução do risco de fratura de vértebras; m.) melhora do controle de peso; n.) melhora do equilíbrio de energia do organismo.

A Tab. I apresenta as recomendações de práticas de atividades físicas da WHO e que darão base à predição do comportamento saudável dos usuários [49,50]. As características “(saudável)” e “(muito saudável)” foram definidas pelos autores deste trabalho para dar parâmetro para a predição do comportamento saudável do usuário.

TABLE I. RECOMENDAÇÕES DA WHO À PRÁTICA DE ATIVIDADES FÍSICAS

Faixa Etária	Recomendações da WHO
5 a 17	<ul style="list-style-type: none"> Ao menos 60 minutos de atividades moderadas ou intensas por dia. (saudável) Mais de 60 minutos de atividades por dia fornecem benefícios adicionais à saúde (muito saudável) Ao menos 3 vezes por semana atividades que fortaleçam músculos e ossos (muito saudável)
18 a 64	<ul style="list-style-type: none"> Ao menos 150 minutos de atividades moderadas ou 75 minutos de atividades intensas por semana. (saudável) 300 minutos de atividades físicas moderadas por semana fornecem benefícios adicionais à saúde (muito saudável) Ao menos 2 vezes por semana atividades que fortaleçam músculos ou que envolvam muitos músculos (muito saudável)
A partir de 65	<ul style="list-style-type: none"> Ao menos 150 minutos de atividades moderadas ou 75 minutos de atividades intensas por semana. (saudável) 300 minutos de atividades físicas moderadas por semana fornecem benefícios adicionais à saúde (muito saudável) Ao menos 3 vezes por semana atividades que melhorem o equilíbrio e previnam quedas (muito saudável) Ao menos 2 vezes por semana atividades que fortaleçam músculos ou que envolvam muitos músculos (muito saudável)

Assim, conforme a faixa etária, a predição de comportamento pouco saudável ocorrerá quando o usuário não atingir o mínimo indicado como “(saudável)”. A predição de saudável ocorrerá quando o usuário atingir o mínimo indicado como “(saudável)”. A predição de muito saudável ocorrerá quando o usuário atingir o mínimo indicado como “(saudável)” e também ao menos um dos itens indicados como “(muito saudável)”.

VII. VISUALIZAÇÕES

Diversos contextos podem ser utilizados para criar visualizações dos dados que serão produzidos pelo PCU. Um deles poderá ser construído através das similaridades das características das práticas de atividades físicas dos usuários. A

Fig. 5 resume algumas dessas possibilidades, as quais não se limitam apenas a essas possibilidades e podem proporcionar variados estudos envolvendo a execução das atividades físicas com a frequência de execução e com a localidade.

A primeira possibilidade ilustrada pela Fig. 5(a) correlaciona os usuários com a quantidade de cada atividade física realizada. Os vértices deste grafo representam as atividades físicas e os usuários. As arestas ligam os usuários com as atividades físicas que praticaram, indicando quantas vezes a atividade física foi realizada.

A segunda possibilidade ilustrada pela Fig. 5(b) correlaciona os usuários com o período do dia da realização de cada atividade física. Os vértices deste grafo representam os períodos do dia e os usuários. As arestas ligam os usuários com os períodos do dia em que as atividades físicas foram praticadas, indicando o tipo de atividade física e quantas vezes a atividade física foi realizada naquele período do dia.

A terceira possibilidade ilustrada pela Fig. 5(c) correlaciona os usuários com a localidade da realização de cada atividade física. Os vértices deste grafo representam as localidades e os usuários. As arestas ligam os usuários com as localidades onde as atividades físicas foram praticadas, indicando o tipo de atividade física e quantas vezes a atividade física foi realizada naquela localidade.

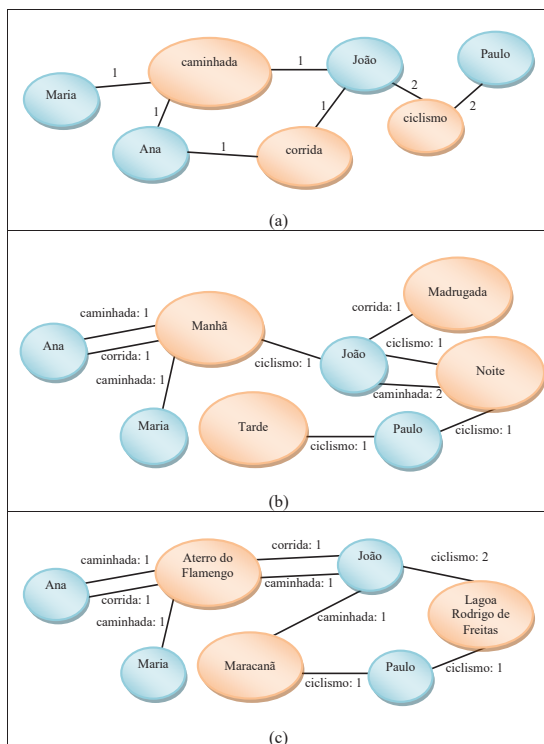


Figure 5. Possibilidades de visualizações

VIII. AVALIAÇÃO DO TRABALHO

A avaliação dos resultados será feita pela verificação dos acertos e erros das predições, incluindo o levantamento estatístico dos acertos e erros de predição. Será considerado um acerto se o usuário atingir a recomendação no período previsto. Será considerado um erro se o usuário não atingir a recomendação no período previsto.

IX. CONCLUSÕES

Este trabalho está em fase de desenvolvimento, mas espera-se que a ferramenta de extração (AS FitRank) provoque um efeito viral de utilização e que os usuários passem a ter comportamentos mais saudáveis com a prática regular de atividades físicas, melhorando a sua qualidade de vida.

É esperada a extração de uma grande quantidade de dados heterogêneos, tornando-se um problema de BigData, trazendo a oportunidade da formação de uma ótima base de dados para a mineração de dados de PCU de atividades físicas. Os obstáculos encontrados e superados foram as constantes mudanças das APIs do Facebook, o constante aprimoramento de mecanismos para reforçar a privacidade de seus usuários, além da falta de padronização das informações publicadas pelos AS de atividades físicas.

A contribuição deste trabalho é estabelecer o PCU de atividades físicas. Com alguns ajustes nas ferramentas, será possível a trabalhar com novos estudos de caso.

O paralelismo proposto na arquitetura trará uma melhora considerável na mineração dos dados das RSO, que já é um problema de BigData.

AGRADECIMENTOS

O autor deste trabalho agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento de bolsa de doutorado ao mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] G. Alves e J. Antunes, 2015, Novo Paradigma na Comunicação - As Redes Sociais entre Marcas e Consumidores, *Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação - CISTI 2015*, v. Vol. I - Artigos (jun.), p. 769-773.
- [2] T.H.M. de Oliveira e M. Painho, 2015, Emotion & Stress Mapping: Assembling an Ambient Geographic Information-based methodology in order to understand Smart Cities, *Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação - CISTI 2015*, v. Vol. II - Artigos Curtos, Artigos Poster, Simpósio Doutoral (jun.), p. 351-354.
- [3] A.N. Joinson, 2008, Looking at, looking up or keeping up with people?: motives and use of facebook, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, p. 1027-1036.
- [4] N.B. Ellison, C. Steinfield, e C. Lampe, 2007, The benefits of Facebook "friends": Exploring the relationship between college students' use of online social networks and social capital, *Journal of Computer-Mediated Communication*, v. 12, p. 1143-1168.
- [5] P. Kraft, F. Drozd, e E. Olsen, 2008, Digital Therapy: Addressing Willpower as Part of the Cognitive-Affective Processing System in the Service of Habit Change, *PERSUASIVE 2008*, p. 177-188.
- [6] C. Lampe, N.B. Ellison, e C. Steinfield, 2008, Changes in use and perception of facebook, *Proc. Of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work (CSCW '08)*, p. 721-730.
- [7] E. Olsen e P. Kraft, 2009, ePsychology: A pilot study on how to enhance social support and adherence in digital interventions by characteristics from social networking sites, *Persuasive 2009*

- [8] F. de A. Pères, M.C. Rodríguez, e J.M.S. Gago, 2015, Knowledge extraction from usage data of mobile devices with educational purposes, *Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação – CISTI 2015*, v. Vol. II – Artigos Curtos, Artigos Poster, Simpósio Doutoral (jun.), p. 326–329.
- [9] D.H. Chau, S. Pandit, S. Wang, e C. Faloutsos, 2007, Parallel crawling for online social networks, *World Wide Web Conference (WWW)*, p. 1283–1284.
- [10] V. Cosenza, 2015. World Map of Social Networks. URL: <http://vincos.it/world-map-of-social-networks/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [11] G.A.R. Barbosa, G.E. dos Santos, e V.M. de O. Pereira, 2013, Caracterização qualitativa da sociabilidade no Facebook, *IHC '13 Proceedings of the 12th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, p. 72–81.
- [12] A.D.I. Kramer, 2012, The spread of emotion via facebook, *Proc. of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*, p. 767–770.
- [13] F. Paschoal Jr e N.F.F. Ebecken, 2014, Uma abordagem para identificação de padrões comportamentais a partir de aplicativos para redes sociais, *Proceedings of the XXXV Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering - CILAMCE 2014*
- [14] N.A. Mutawa, I. Baggili, e A. Marrington, 2012, Forensic analysis of social networking applications on mobile devices, *Digital Investigation*, v. 9 (ago.), p. S24–S33.
- [15] A.A.S. da Silva, 2015, *NET-Y: Uma abordagem para detecção de atividades suspeitas em redes sociais*, Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE URL: http://www.coc.ufjr.br/index.php/component/docman/doc_download/2591-antonio-andre-serpa-da-silva-doutorado?Itemid=
- [16] Z. Wang, L. Tu, Z. Guo, L.T. Yang, e B. Huang, 2014, Analysis of user behaviors by mining large network data sets, *Future Generation Computer Systems*, v. 37 (jul.), p. 429–437.
- [17] V. Gay e P. Leijdekkers, 2011, The Good, the Bad and the Ugly About Social Networks for Health Apps, *2011 IFIP 9th International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)* (out.), p. 463–468.
- [18] M. Maksimovic, V. Vujovic, e B. Perisic, 2015, A Custom Internet of Things Healthcare System, *Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação – CISTI 2015*, v. Vol. I – Artigos (jun.), p. 653–658.
- [19] F. Paschoal Jr, G.V.S. Ribeiro, L.M. de A. Daquer, e N.F.F. Ebecken, 2015, Proposta de identificação da evolução temporal de uso de aplicativos sociais para a definição de padrões comportamentais dos usuários, *Proceedings of the XXXVI Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering - CILAMCE 2015*
- [20] F. Paschoal Jr, G.V.S. Ribeiro, L.M. de A. Daquer, R.C. Mauro, E.S. Ogasawara, e N.F.F. Ebecken, 2015, FitRank – Desenvolvimento de aplicativo para a identificação de padrões comportamentais de atividades físicas a partir de aplicativos para redes sociais, *Proceedings of the XXXVI Iberian Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering - CILAMCE 2015*
- [21] M.E. Morris, S. Consolvo, S. Munson, K. Patrick, J. Tsai, e A.D.I. Kramer, 2011, Facebook for health: opportunities and challenges for driving behavior change, *Proceeding CHI EA '11 CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (nov.), p. 443–446.
- [22] Google, 2016. Google Play Store. URL: <https://play.google.com/store>. Accessed: 20 fev 2016.
- [23] Nike, 2016. Nike+ Running. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.nike.plusgps&hl=pt_BR. Accessed: 20 fev 2016.
- [24] Nike, 2016. Nike+ Running - get more from your run. URL: <https://www.facebook.com/games/nikeapp/?fbs=133>. Accessed: 20 fev 2016.
- [25] Runtastic, 2016. Runtastic Corrida e Caminhada. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android&hl=pt_BR. Accessed: 20 fev 2016.
- [26] Runtastic, 2016. Runtastic - makes sports funtastic. URL: <https://www.facebook.com/games/runtastic/?fbs=133>. Accessed: 20 fev 2016.
- [27] Runtastic, 2016. Runtastic PRO GPS Correr. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.pro2&hl=pt_BR. Accessed: 20 fev 2016.
- [28] Runtastic, 2016. Runtastic Road Bike Ciclismo. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.roadbike.lite&hl=pt_BR. Accessed: 20 fev 2016.
- [29] Runtastic, 2016. Runtastic Road Bike PRO GPS. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.roadbike.pro&hl=pt_BR. Accessed: 20 fev 2016.
- [30] Runtastic, 2016. Runtastic Mountain Bike GPS. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.mountainbike.lite&hl=pt_BR. Accessed: 20 fev 2016.
- [31] Runtastic, 2016. Runtastic Mountain Bike PRO. URL: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runtastic.android.mountainbike.pro&hl=pt_BR. Accessed: 20 fev 2016.
- [32] M. Madden, A. Lenhart, S. Cortesi, U. Gasser, M. Duggan, A. Smith, e M. Beaton, 2013, Teens, Social Media, and Privacy, *PewResearchCenter – The Berkman Center for Internet & Society at Harvard University*
- [33] Y. Cheng, J. Park, e R. Sandhu, 2013, Preserving user privacy from third-party applications in online social networks, *Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web companion (WWW'13)*
- [34] F.L. Domingues, 2008. Computação ubíqua. URL: <http://www.hardware.com.br/artigos/computacao-ubiqua/>. Accessed: 14 jul 2015.
- [35] Endomondo, 2016. Endomondo Sports Tracker. URL: <https://www.facebook.com/games/endoapp/?fbs=133>. Accessed: 20 fev 2016.
- [36] RunKeeper, 2016. RunKeeper - The Personal Trainer For Your Pocket. URL: <https://www.facebook.com/games/runkeeper-og/?fbs=133>. Accessed: 20 fev 2016.
- [37] Facebook, 2016. The Graph API. *Facebook Developers*. URL: <https://developers.facebook.com/docs/graph-api>. Accessed: 20 fev 2016.
- [38] M. Allen, 2016. RestFB. URL: <http://restfb.com/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [39] J. Hedley, 2015. jsoup Java HTML Parser, with best of DOM, CSS, and jquery. URL: <http://jsoup.org/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [40] H. Jagadish, J. Gehrke, A. Labrinidis, Y. Papakonstantinou, J.M. Patel, R. Ramakrishnan, e C. Shahabi, 2014, Big data and its technical challenges, *Communications of the ACM*, v. 57, n. 7, p. 86–94.
- [41] M.G. Noll. 2011. Running Hadoop On Ubuntu Linux (Single-Node Cluster). URL: <http://www.michael-noll.com/tutorials/running-hadoop-on-ubuntu-linux-single-node-cluster/>. Accessed: 14 out 2015.
- [42] The Apache Software Foundation, 2016. Welcome to Apache™ Hadoop®! URL: <http://hadoop.apache.org/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [43] J. Dean e S. Ghemawat, 2008, MapReduce: Simplified Data Processing on Large Clusters, *Commun. ACM*, v. 51, n. 1 (jan.), p. 107–113.
- [44] The Apache Software Foundation, 2016. Apache HBase – Apache HBase™ Home. URL: <http://hbase.apache.org/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [45] The Apache Software Foundation, 2015. Apache Mahout: Scalable machine learning and data mining. URL: <http://mahout.apache.org/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [46] The Apache Software Foundation, 2014. Naive Bayes. URL: <http://mahout.apache.org/users/classification/bayesian.html>. Accessed: 20 fev 2016.
- [47] The Apache Software Foundation, 2014. k-Means clustering - basics. URL: <http://mahout.apache.org/users/clustering/k-means-clustering.html>. Accessed: 20 fev 2016.
- [48] World Health Organization, 2002. World Health Day | 2002: move for health. *WHO*. URL: <http://www.who.int/world-health-day/previous/2002/en/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [49] World Health Organization, 2015. WHO | Physical activity. *WHO*. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/en/>. Accessed: 20 fev 2016.
- [50] World Health Organization, 2010, *Global recommendations on physical activity for health*.

Prácticas de seguridad por diseño para la gestión de proyectos TI en PYMEs

Security by Design Practices for IT Projects Management in SMEs

Mercedes de la Cámara¹, Javier Sáenz-Marcilla¹

¹Escuela Técnica Superior Ingenieros Sistemas de Información, Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España

mcamara@eui.upm.es ; jsaenz@eui.upm.es

Magdalena Arcilla-Cobián², Jose A. Calvo-Manzano³

²ETS Ingeniería Informática, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid España,
marcilla@issi.uned.es

³ETS de Ingenieros Informáticos, Universidad Politécnica de Madrid, España, joseantonio.calvomanzano@upm.es

Resumen — Seguridad por diseño (SbD) es una filosofía orientada a la gestión de proyectos de desarrollo software seguro. Este artículo presenta el resultado de una investigación, en la que las prácticas de SbD son mapeadas con las prácticas, actividades y objetivos de control propuestos por los principales marcos y estándares que tratan la gestión de proyectos para el desarrollo software. Estos marcos se estructuran en los tres niveles organizativos típicos de las organizaciones: estratégico, táctico y operativo. El resultado de la investigación muestra las principales aportaciones y los vacíos que estos marcos tienen en la gestión de los proyectos para el desarrollo de producto software seguro. Además, en el entorno de las PYMEs, este estudio facilita a los profesionales de TI la aplicación de prácticas, actividades, y objetivos de control de seguridad, integrando distintos marcos y estándares de gobernanza y gestión en los proyectos de desarrollo TI.

Palabras Clave – Gestión de proyectos; Seguridad por diseño; CMMI-DEV; Mejora de procesos software (SPI); COBIT 5; ISO/IEC 15504; ISO/IEC 27000.

Abstract — Secure by Design (SBD) is oriented to secure software development project management. This article presents the results of a research where SbD practices are mapped to the practices, activities and control objectives proposed by the major frameworks and standards that deal with the management of software development projects. These frameworks are divided into three organizational levels (strategic, tactical and operational). The results of the research show the main contributions and lacks of these frameworks into managing projects for the development of secure software product. Furthermore, in the environment of SMEs, this study makes it easier for IT professionals implementing practices, activities, and security control objectives, integrating different frameworks and standards of governance and management in IT development projects.

Keywords - Project management; Security by design; CMMI-DEV; Software Process Improvement (SPI); COBIT 5; ISO/IEC 15504; ISO/IEC 27000.

I. INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Industria, Energía y Turismo [1] publica un estudio realizado en 2013, sobre 3.142.928 de empresas de la Unión Europea (UE). Este estudio refleja que las PYMEs representan el 99,9% del tejido empresarial en España y el 99,8% en Europa. Estas empresas generan el 40% del PIB y suponen el 60% del empleo en España y el 66% de empleo en Europa. Según el informe realizado en 2013 por el Observatorio Nacional de las Tecnologías y de la Sociedad de la Información [2], el 99,6% de estas empresas tienen sus sistemas de información conectados por distintos tipos de redes a internet, con el riesgo que este hecho supone. Las operaciones más frecuentes son diferentes tipos de transacciones con bancos y las Administraciones Públicas (AA.PP.), así como el intercambio de documentos propios de las operaciones de negocio.

El informe CHAOS de 2015, realizado sobre 50.000 empresas y publicado en [3], revela que sólo el 29% de los proyectos terminaron con éxito (considerando como éxito estar disponible en tiempo, dentro del presupuesto, y cumpliendo las características y requisitos funcionales del cliente; el 52% finalizó con un presupuesto mucho mayor y/o con fallos en los requisitos; y el 19% fueron cancelados o el producto entregado nunca fue utilizado.

Entre los fallos de los proyectos, están los fallos de seguridad los que preocupan a un porcentaje alto de las empresas por su coste y consecuencias. Kasperski realiza un estudio sobre 5.500 empresas en 26 países [4], donde analiza el coste promedio de los fallos de seguridad y sus principales consecuencias. Así, en este tipo de empresas, un fallo de seguridad supone un coste directo promedio de 38K US\$ motivado por: acciones fraudulentas de la propia que plantilla tales como espionaje, o la explotación vulnerabilidades de la red; fallos asociados a terceras partes; malware; *phishing*, fugas de datos, y denegación de servicio (en adelante, DDoS). Además, cada fallo de seguridad supone un coste indirecto

promedio de 8K US\$ empleado en la actualización de las capacidades tanto de la infraestructura tecnológica como del personal. Los gastos por necesidad de contratación de otros servicios profesionales (abogados, especialistas, etc.) se elevan a 11K US\$, las pérdidas de oportunidades de negocio a 16K US\$, siendo la DDoS la consecuencia más cara que asciende a 66K US\$.

Ante esta problemática y la constatación de la ausencia de un marco de trabajo que incluya prácticas de seguridad durante la gestión de proyectos de TI aplicable fácilmente en las PYMEs, surgen la filosofía SbD (propuesta por Siemens con el respaldo del SEI en [5]), la propuesta de extensión de las prácticas del estándar ISO/IEC 15504 [6] y el marco GPS-PYME [7]. Así, el objetivo del estudio es presentar un conjunto de prácticas para la gestión de proyectos de desarrollo TI de utilidad para las PYMEs. Estas prácticas son aplicables en distintas funciones de los tres niveles organizativos (estratégico, táctico y operativo) y están basadas e integradas con las que se proponen en los estándares más utilizados en la gestión de proyectos para el desarrollo software seguro. Además, la revisión de estas prácticas sobre distintos marcos y estándares refleja algunos de sus puntos fuertes y debilidades.

Para ello en la sección II se muestra el método de investigación: la sección III realiza una breve descripción de las aportaciones a la gestión de proyectos para el desarrollo seguro que realizan los marcos y estándares más utilizados en la actualidad. La sección IV presenta los resultados del mapeo. Muestra las principales fortalezas y debilidades de los marcos estudiados en relación con la gestión de proyectos para desarrollo seguro. Finalmente, la sección V ofrece las principales conclusiones y perspectivas futuras del trabajo en curso.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación que se propone está basado en la metodología de investigación MSSS (Método de estudio de similitud entre modelos y estándares)", propuesta en [8] y validada en [9]. En el caso que nos ocupa, con el fin de determinar similitudes entre los distintos modelos, se estudia cómo se contempla la seguridad en la gestión de proyectos de desarrollo, en el ámbito de las PYMEs. La metodología se ha resumido en tres etapas: (1) Inicio: se parte de un marco o estándar base que sirva de punto de partida para el estudio y otras soluciones que traten el mismo problema desde distintas perspectivas; (2) Observación: se observan las prácticas presentadas en el marco o estándar base sobre el resto de los marcos, obteniendo como resultado un mapeo prácticas; (3) Análisis de resultados: se analizan los resultados del mapeo y finalmente se propone una nueva solución al problema planteado.

A. Inicio

El estudio utiliza como marco de trabajo base la filosofía de SbD [5]. Sobre la estructura de factores SbD, realizada por los autores de este trabajo en un trabajo anterior, y presentada en [10], se han elegido para su mapeo los marcos más representativos a nivel internacional para cada uno de los tres niveles organizativos (estratégico, táctico y operativo). En el nivel estratégico se contemplan el estándar de gobernanza de

TI ISO/IEC 38500 [11], y el marco para gobernanza y control propuesto por COBIT 5 [12]. A nivel táctico, se estudian el estándar de mejora de procesos en desarrollo software CMMI-DEV [13], ISO/IEC 15504-5 [14] e ISO/IEC 12207 [15]. Finalmente, a nivel operativo, se estudian el marco de gestión de proyectos PMBOK [16] y el estándar de seguridad ISO/IEC 27002 [17].

B. Observación

Para la observación se han elegido las prácticas propuestas por SbD. La revisión de cada una de estas prácticas SbD y su correspondiente mapeo sobre los modelos y marcos propuestos se ha realizado siguiendo el método MSSS (adaptándolo al dominio SbD), es decir: para cada práctica, se definen las palabras clave que sirven de búsqueda y revisión en cada uno de los procesos, prácticas, áreas, controles, etc. dependiendo de los marcos y estándares mapeados. El estudio de las coincidencias, entre la práctica SbD y el marco concreto, permite establecer el punto de trazabilidad entre marcos.

C. Análisis de resultados

Una vez establecidos los puntos de trazabilidad, para cada práctica SbD en los marcos elegidos para el estudio, se realiza un análisis de las fortalezas y debilidades que ofrecen en la gestión de proyectos para el desarrollo seguro.

III. DESCRIPCIÓN DE LOS MARCOS

En esta sección se realiza una breve descripción de los marcos estudiados en el trabajo de investigación.

A. Seguridad por Diseño

Este marco es el marco base de estudio. Con el objetivo de mostrar qué prácticas han sido mapeadas, se realiza una descripción más detallada que en el resto de los marcos y estándares mapeados.

SbD propone prácticas organizadas en un marco con cuatro áreas de proceso. En cada área de proceso se presentan un conjunto de metas específicas (Specific Goals, SG) y para cada una de ellas, una serie de prácticas específicas (Specific Practices, SP):

1) *OPSD: Organizational Preparedness for Secure Development* (Preparación de la Organización para el Desarrollo Seguro). Esta área de proceso prepara a la organización para un desarrollo seguro. Contempla prácticas orientadas a establecer la capacidad organizativa para desarrollar productos seguros a través de: obtener el compromiso y respaldo de la dirección respecto a la seguridad en relación a los objetivos del negocio; estandarizar procesos y otros activos para desarrollo seguro; concienciar y formar para la seguridad de los productos; estandarizar un entorno de desarrollo seguro; y gestionar las vulnerabilidades.

2) *SMP: Security Management in Projects* (Gestión de la Seguridad en Proyectos). Esta área de proceso describe las prácticas para la gestión de la seguridad, orientadas al producto software durante su desarrollo en la gestión del proyecto. Propone: establecer el plan de proyecto integrado para proyectos de seguridad; planificar y entregar formación

de seguridad; seleccionar proveedores y componentes de terceras partes seguros; e identificar las causas subyacentes en las vulnerabilidades. Además, se proponen tres prácticas específicas encaminadas a la gestión de los riesgos de seguridad del producto software: establecer el plan de gestión de riesgos de seguridad de producto; realizar la evaluación de riesgos de seguridad del producto (software malicioso, defectos, etc.); y planificar cómo mitigar los riesgos de seguridad del producto software.

3) *SRTS: Security Requirements and Technical Solution* (Requisitos de Seguridad y Solución Técnica de Seguridad). Esta área es propia de ingeniería del software. Está enfocada a definir los requisitos de seguridad y la solución técnica de seguridad del proyecto. Se propone: desarrollar requisitos de seguridad de los clientes, y una arquitectura y diseño seguros; seleccionar las tecnologías apropiadas atendiendo a criterios de seguridad; y estandarizar la configuración de un producto seguro. Además, propone implementar el diseño seguro usando estándares de seguridad para su implementación; e incorporar aspectos relativos a la seguridad en la documentación que soporte el producto.

4) *SVV: Security Verification and Validation* (Verificación y Validación de Seguridad). Esta última área define prácticas enfocadas a los aspectos de verificación y validación de la seguridad propias de la ingeniería. Se propone: preparar y realizar la verificación y la validación de los requisitos de seguridad.

De estas cuatro áreas de proceso, nos interesan las prácticas que se mapean con las actividades relativas a la gestión segura de proyectos encaminadas a la seguridad del producto de desarrollo y no del proyecto en sí. Por ello, el estudio que se presenta en este artículo se centra en las prácticas específicas de la segunda área de proceso (SMP), que brindan al marco algunas pautas para la gestión segura de proyectos orientadas al producto TI.

B. Marcos y estándares de gobernanza y gestión mapeados

1) *ISO/IEC 38500*. Describe las prácticas para la gobernanza de TI a través de tres tareas: evaluar; dirigir y monitorizar. En cada una de estas tareas, la norma propone seis principios: responsabilidad; estrategia; adquisición; desempeño; conformidad y comportamiento humano. La norma no incluye directrices específicas en relación con la seguridad del software.

2) *COBIT 5*. Propone prácticas y controles enfocados en cinco áreas de proceso: evaluar, dirigir y monitorizar (Evaluate, Direct and Monitor, EDM); alinear, planificar y organizar (Align, Plan and Organise, APO); construir, adquirir e implementar (Build, Acquire and Implement, BAI); entregar y soportar servicios (Deliver, Service and Support, DSS); monitorizar, evaluar y valorar los servicios (Monitor, Evaluate and Assess, MEA). Estas áreas describen un total de 37 procesos facilitadores. El trabajo de investigación muestra como se contempla la seguridad durante la gestión de los proyectos de desarrollo desde el punto de vista del producto

software. Establece para cada proceso dos tipos de controles: primarios y secundarios. Los controles primarios tienen una relación más estrecha que los secundarios en cuanto a la producción de beneficios, y la optimización de recursos y riesgos.

3) *CMMI-DEV*. Las áreas de proceso de SbD se definen como una extensión de CMMI-DEV 1.3. Por ello, las prácticas SbD están integradas con las prácticas genéricas y específicas de las áreas de proceso propuestas en CMMI-DEV 1.3. CMMI-DEV v1.3 ofrece 22 áreas de proceso organizadas en cuatro categorías: Gestión de Procesos; Gestión de Proyectos; Ingeniería; y Soporte Técnico.

4) *ISO/IEC 15504 – ISO/IEC 12207*. El estándar ISO/IEC 15504-5 presenta un modelo de evaluación de los procesos del ciclo de vida del software a través de un conjunto de indicadores de proceso. Aunque recientemente ha sido sustituida por la norma ISO/IEC 33004: 2015, los procesos del ciclo de vida del software, en ambos estándares, hacen referencia a los procesos de la norma ISO/IEC 12207. Este estándar define 43 procesos que se estructuran en 7 categorías: procesos de acuerdos; procesos facilitadores del proyecto a nivel organización; procesos del proyecto; procesos técnicos; procesos de implementación de programas; procesos de soporte de software; y procesos de reutilización de software.

5) *PMBOK*. Estructura la gestión de proyectos en 10 áreas de conocimiento: gestión de la integración; gestión del alcance; gestión del tiempo; gestión de costes; gestión de la calidad; gestión de recursos humanos; gestión de comunicaciones; gestión de riesgos; gestión de provisión; y gestión de grupos de interés o *stakeholder*. En estas áreas de conocimiento se describen cuarenta y siete procesos, agrupados en 5 categorías o fases para la gestión de proyectos: iniciación, planificación, ejecución, control y cierre de un proyecto.

6) *ISO/IEC 27000*. La primera parte de la norma, ISO/IEC 27001, ofrece la especificación y descripción de las características de un Sistema de Gestión de Seguridad de la Información (SGSI). La segunda parte, ISO/IEC 27002, proporciona 14 cláusulas orientadas al control de: las políticas de seguridad de la información; la organización de la seguridad de la información; los recursos humanos de seguridad; la gestión de activos; el control de acceso; las técnicas criptográficas; la seguridad física y del entorno; seguridad en las operaciones; seguridad en las comunicaciones; en la adquisición, desarrollo y mantenimiento de los sistemas; en las relaciones con los proveedores; gestión de incidencias de seguridad de la información; gestión de la continuidad del negocio; y en el cumplimiento de leyes y regulaciones. Estas cláusulas están orientadas a garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad del sistema de información.

IV. RESULTADOS

Los resultados del mapeo de las prácticas SbD se presentan en los tres niveles organizativos. Las Tablas I a III muestran las metas y prácticas específicas de SbD.

Meta SG 1 Preparar y gestionar las actividades del Proyecto para la Seguridad. Propone: (1) SP 1.1 Establecer el plan integrado del proyecto para proyectos de seguridad. (2) SP 1.2 Planificar y entregar formación de seguridad. (3) SP 1.3 Seleccionar el proveedor y los componentes de terceras partes seguros. (4) SP 1.4 Identificar causas subyacentes de vulnerabilidades.

Meta SG 2 Gestionar los riesgos de seguridad del producto. Propone: (1) SP 2.1 Establecer el plan de gestión de riesgos de seguridad de producto. (2) SP 2.2 Realizar la evaluación de riesgos de seguridad del producto (software malicioso, defectos, etc.). (3) SP 2.3 Planificar la mitigación de riesgos para la seguridad del producto.

Las prácticas se mapean en marcos y estándares en los tres niveles organizativos:

1) *Nivel estratégico*: los resultados se muestran en la Tabla I.

TABLA I. PRÁCTICAS SBD EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO: NIVEL ESTRATÉGICO

SbD	ISO/IEC 38500	COBIT 5 PRIMARIO	COBIT 5 SECUNDARIO
SMP SP 1.1	Dirección	BAI02, BAI07 APO08	BAI03, EDM01, BAI05, BAI06, DSS03, DSS04, DSS05, DSS06,
SMP SP 1.2	Principio 3: Adquisición (Dirección)	AP007	
SMP SP 1.3	Principio 3: Adquisición; Principio 4: Desempeño	AP010	
SMP SP 1.4		AP013, DSS03, DSS05	BAI02
SMP SP 2.1	Principio 2 Estrategia (Evaluación) Principio 3 Adquisición (Evaluación) Principio 4 Desempeño (Evaluación) Principio 6 Comportamiento humano. (Dirección)	AP001, AP002, AP004, AP011, AP012, AP013, BAI01, BAI03, DSS04, EDM03, MEA02	AP001, AP003, AP007, AP011 EDM01, EDM03, DSS02, DSS06
SMP SP 2.2		AP012, BAI02, BAI03	AP013
SMP SP 2.3		AP013, DSS04	

A nivel estratégico, ambos marcos incluyen la necesidad de definir las políticas de seguridad entre las recomendaciones de definición de otras políticas, la mayoría son políticas orientadas a la gestión de riesgos durante los proyectos. Sin embargo, a nivel de gobernanza no se aportan alternativas y técnicas para la definición de políticas de seguridad específicas en cuanto al tratamiento de los riesgos de seguridad del producto. Estas políticas han de transmitirse hacia la empresa y deben formar parte de los procesos implicados en la gestión de los proyectos de desarrollo de software seguro. Tampoco se definen los mecanismos ni planes de comunicación. En cuanto a las directivas de control, COBIT 5 define procesos y actividades

encaminados a la gestión de la seguridad en proyectos de desarrollo de TI, tanto a nivel de los procesos de gestión como a nivel de los procesos de desarrollo. Sin embargo, aunque se recomiendan actividades en las que se aborda lo que hay que hacer, no se especifica el cómo y tampoco se aportan técnicas que ayuden a las PYMEs en esta labor.

2) *Nivel táctico*: El resultado del mapeo se muestra en la Tabla II.

TABLA II PRÁCTICAS SBD EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO: NIVEL TÁCTICO

SbD	CMMI-DEV	ISO/IEC 15504 ISO/IEC 12207
SMP SP 1.1	CMMI-DEV-IPM: Gestión Integrada del Proyecto	ENG.7 Integración de Software; ENG.9 Integración de Sistemas
SMP SP 1.2	CMMI-DEV-PP-SP 2.5 Planificar el conocimiento y las habilidades necesarias	RIN.1 Gestión de RRHH
SMP SP 1.3	CMMI-DEV-SAM-SP 1.2 Seleccionar a los proveedores, CMMI-DEV-IPM- SP 1.1 Establecer el proceso definido del proyecto	ACQ.2 Selección de proveedores ACQ.3 Contrato de acuerdos, ACQ.4 Monitorización de proveedores
SMP SP 1.4	CMMI-DEV-PP Planificación de Proyecto (SP 1.2 Establecer las estimaciones de los atributos de los productos de trabajo y de las tareas), CMMI-DEV-CAR Análisis Causal y Resolución	SUP.6 Evaluación del producto, SUP.9 Gestión de resolución de problemas
SMP SP 2.1	CMMI-DEV-RSKM Gestión de Riesgos SG 1, SG 2 y SG 3	MAN.5 Gestión de Riesgos
SMP SP 2.2	CMMI-DEV-RD (SP 3.4 Analizar los requisitos para conseguir un equilibrio), CMMI-DEV-RSKM (SP 2.2 Evaluar, clasificar y priorizar los riesgos)	MAN.3 Gestión de proyectos, MAN.5 Gestión de riesgos
SMP SP 2.3	CMMI-DEV-RSKM (SP 3.1 Desarrollar los planes de mitigación de riesgos)	MAN.5 Gestión de riesgos, MAN 6. Medición

Desde la perspectiva de mejora de procesos, CMMI-DEV describe líneas generales de prácticas específicas para definir requisitos de seguridad en el desarrollo, que son complementadas con las prácticas propuestas en el enfoque SbD en la gestión de los proyectos de desarrollo software seguro. Las prácticas SbD aproximan la gestión de proyectos para el desarrollo seguro orientando sus prácticas al producto software y no al proyecto en sí.

Sin embargo, no se aportan técnicas que permitan concretar estas prácticas en las PYMEs. El estándar ISO/IEC 15504 presenta la misma problemática. La extensión propuesta en [6] facilita la gestión de proyectos para desarrollo orientando la seguridad hacia el producto software. Sin embargo, no se ofrecen técnicas y soluciones que indiquen cómo implantarlas.

3) *Nivel operativo*: El resultado del mapeo se muestra en la Tabla III.

TABLA III. PRÁCTICAS SBD EN LA GESTIÓN DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO: NIVEL OPERATIVO

SbD	PMBOK	ISO 27000
SMP SP 1.1	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	6.1.5 Seguridad de la información en la gestión de proyectos; 14.2 Seguridad en los procesos de desarrollo y soporte
SMP SP 1.2	9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos 9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto	7.Seguridad en RRHH
SMP SP 1.3	12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones 12.2 Efectuar las Adquisiciones 12.3 Controlar las Adquisiciones 12.4 Cerrar las Adquisiciones	14. Sistema de adquisición, desarrollo y mantenimiento, 15. Relaciones con proveedores
SMP SP 1.4		16. Información de gestión de incidentes de seguridad
SMP SP 2.1	11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos	14.2 Seguridad en los procesos de desarrollo y soporte
SMP SP 2.2	11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos	18.2.3 revisión de cumplimiento técnico
SMP SP 2.3	11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos	12.2 Protección frente al malware, 12.6.1. Gestión de vulnerabilidades técnicas

A nivel operativo, los marcos estudiados se aplican en la gestión de proyectos de diferentes tamaños. Aunque el contexto de este estudio se centra en la seguridad en la gestión de proyectos para el desarrollo de software en las PYMEs, esto no implica que los proyectos abordados sean necesariamente pequeños. Las prácticas propuestas para la gestión de riesgos de PMBOK están orientadas al riesgo del proyecto en sí. Sin embargo, no contempla prácticas orientadas a la seguridad del producto software desarrollado. Los controles que presenta el estándar ISO/IEC 27002 para la implantación de un sistema de gestión de seguridad de la información aconsejan qué controlar en el sistema, pero no se especifica cómo implantarlos y tampoco lo relaciona con la gestión de proyectos de desarrollo.

Por lo tanto, queda patente la necesidad de investigar cómo llevar a cabo los procesos y las actividades necesarias para garantizar que la gestión del proyecto facilite la elaboración de un producto o servicio seguro, y aporte las técnicas y los mecanismos necesarios para ello.

V. CONCLUSIONES

El estudio realizado refleja que aunque aparentemente la mayoría de los marcos tratan el tema de la seguridad en la gestión de proyectos, la mayoría lo enfocan hacia la gestión de riesgos del propio proyecto y no del producto.

Existe un vacío en relación a la seguridad de los productos generados durante la gestión del proyecto de desarrollo, tanto a nivel de planificación como de análisis y gestión de los riesgos.

La mayoría de estas propuestas aportan diversas pautas orientadas al aseguramiento de los proyectos en términos de coste, cumplimiento de períodos y a veces de desempeño del producto, pero no se tiene en cuenta la necesaria seguridad para el buen desempeño del producto.

Las pautas propuestas son orientaciones de qué se debería hacer, pero no orientan sobre cómo podría hacerse y tampoco sobre qué técnicas utilizar relativas a la seguridad en la gestión de proyectos.

Ninguno de los estudios revisados aporta un hilo conductor de seguridad, desde la alta dirección hasta el nivel operativo, en la gestión de proyectos para el desarrollo seguro de TI.

La aplicación de los marcos y estándares en el entorno de las PYMEs es compleja y costosa, incluso en las empresas del sector TIC. En este sentido, se hace necesario para las PYMEs puedan contar con un marco genérico que facilite la gestión de proyectos para desarrollo seguro, orientado al producto y que aporte procesos, técnicas y medidas de evaluación para la validación de mejora de sus procesos de negocio.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido patrocinado por everis Aeroespacial y Defensa y la Universidad Politécnica Madrid a través de la “Cátedra de Mejora de Procesos de Software en el Espacio Iberoamericano”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MIET. *Retrato de las PYME 2014*. Madrid: Gobierno de España. Ministerio de Industria, Turismo y Energía, 2014.
- [2] ONTSI. *Análisis sectorial de la implantación de las TIC en la PYME española*. Madrid: FUNDETEC, 2014.
- [3] Standish Group. *2015 CHAOS Report*. The Standish Group International, Inc.
- [4] Kasperski Lab. “Damage control: the cost of security breaches IT security Risk”. *Specia report series*. Kasperski Lab, 2015.
- [5] Siemens AG. “Security by Design with CMMI for Development, Version 1.3. An Application Guide for Improving Processes for Secure Products”. Pittsburgh: CMMI Institute, 2013.
- [6] Antoni Lluís Mesquida, A. M. “Implementing information security best practices on software lifecycle processes: The ISO/IEC 15504 Security Extension”. *Computers & Security*. V. 48, 19-34, 2015.
- [7] Cámara, M. *GPS-PYMEs: Marco de Gestión de Proyectos para el desarrollo Seguro en PYMEs*, Tesis doctoral. UPM. Enero, 2016.
- [8] Calvo-Manzano, J.A. J. A. et al., “Process Similarity Study: Case Study on Project Planning Practices Based on CMMI-DEV v1.2.”
- [9] Gasca, G.P., “Estudio de similitud del proceso de gestión de riesgos en proyectos de outsourcing de software: utilización de un método”. *Rev. ing. univ. Medellín* vol.9 no.17 Medellín July/Dec. 2010.

- [10] Camara, M. d., Saenz, F., Calvo-Manzano, J., & Arcilla-Cobian, M. Security by design factors for developing and evaluating secure software. *10th Iberian Conference on* (págs. pp.1-6). 17-20 June, 2015.
- [11] ISO/IEC 38500. *ISO/IEC 38500:2008 Corporate governance of information technology*. ISO/IEC, 2008.
- [12] ITGI. *COBIT 5: Un Marco de Negocio para el Gobierno y la Gestión de las TI de la Empresa*. Rolling Meadows, IL 60008 EE.UU.: ISACA, 2012
- [13] SEI. *CMMI® para Desarrollo, Versión 1.3. CMMI-DEV, V1.3. Mejora de los procesos para el desarrollo de mejores productos y servicios*. Pittsburgh: SEI, 2010.
- [14] ISO/IEC. *ISO/IEC 15504-5*. Information technology -- Process assessment -- Part 5: An exemplar software life cycle process assessment model. Recuperado el 21 de Febrero de 2016, de <http://goo.gl/glujYZ>
- [15] ISO/IEC. *ISO/IEC 12207:2008 Systems and software engineering – Software life cycle processes.*, 2008
- [16] PMI. *A GUIDE TO THE PROJECT MANAGEMENT BODY OF KNOWLEDGE (PMBOK® Guide)*. Project Management Institute, 2008.
- [17] ISO/IEC. *ISO/IEC 27002: 2013*. Information technology - Security techniques -- Code of practice for information security controls. Obtenido de ISO/IEC 27002: 2013: Recuperado el 21 de Febrero de 2016 de <http://goo.gl/C6tHWN>

Propuesta Metodológica y Herramientas de Soporte para Modelar y Validar Esquemas Conceptuales

Methodological proposal and support tools to model and validate conceptual schemes

Manuel Perez Cota
Facultad de Informática
Universidad de Vigo
Vigo, España
mpcota@uvigo.es

Marcelo M. Marciszack – Mario A. Groppo
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información
Universidad Tecnológica Nacional
Córdoba, Argentina
marciszack@gmail.com - sistemas@groppo.com.ar

Resumo — El presente trabajo propone la definición de una metodología y la herramienta de soporte asociada, para la especificación y validación de un Modelo Conceptual, a través de la transformación automatizada de modelos a Automatas Finitos y su validación correspondiente. Describe las características del Proceso de modelado, utilizando la "Notación para el Modelado de Procesos de Negocios" en la actividad de modelado, aplicando los conceptos del Desarrollo de Software dirigido por Modelos. Se propone un mapeo directo entre actividades del proceso de negocio a Casos de Uso, los cuales se transforman a Máquinas de estados a las que se somete a un proceso automatizado de validación, y de esta forma validar el conjunto de especificaciones funcionales en el modelo conceptual de un dominio bajo estudio.

Palabras Clave - Modelado Conceptual; Especificaciones funcionales; Validación de modelos; BPMN; Automatas Finitos; Desarrollo de software Dirigido por Modelos .

Abstract — This paper proposes the definition of a methodology and associated support tool for the specification and validation of a Conceptual Model, through automated processing to Finite Automata models and corresponding validation. It describes the characteristics of modeling process, using the "Notation for Business Process Modeling" in the modeling activity, applying the concepts of Model-Driven Software Development. It's proposed a direct mapping between activities of the business process and Use Cases, which are transformed to state machines that are subjected to an automated validation process, and thus validate the set of functional specifications in the conceptual model of a domain under study.

Keywords - Conceptual Modeling; Functional Specification; Validation of models; BPMN; Finite Automata; Model Driven Software Development.

I. INTRODUCCIÓN

Las debilidades de la mayoría de los métodos y metodologías utilizados para la obtención de esquemas conceptuales se reflejan en las primeras etapas del proceso de desarrollo de software. El principal problema derivado de estas debilidades metodológicas radica en la dificultad en determinar

si el modelo conceptual refleja fiel y completamente la esencia del dominio [1].

Los errores que se cometen en la etapa de especificación de requerimientos para lo obtención de un esquema conceptual tienen un costo relativamente alto en relación a su reparación y crecerá en forma exponencial a medida que se avanza en las diferentes etapas del proceso de desarrollo [2]. La preocupación por definir los requisitos de manera adecuada está extensamente tratada en [3], donde el eje central es la definición de buenas prácticas en el establecimiento de los mismos, ya que plantea que "el éxito de cualquier proyecto de desarrollo está íntimamente relacionado con la calidad de los requisitos." y que "el proceso de establecimiento de requisitos es mucho menos homogéneo y bien entendido que el proceso de desarrollo de software en su conjunto".

Los esquemas conceptuales deben procurar establecer una definición sin ambigüedad de lo que se quiere representar.

Es así, que la presente propuesta abarca la definición de una metodología, un conjunto de herramientas de soporte, y la definición de transformaciones automatizadas entre los modelos intermedios, que posibilita validar y verificar si el modelo conceptual construido representa fielmente el sistema de información a construir [4] [5].

II. MODELADO CONCEPTUAL Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.

Desde la óptica disciplinar de los Sistemas de Información y los sistemas de software asociados a estos, un Esquema Conceptual será definido como un modelo de representación de la realidad, sobre un dominio de problema determinado, el cual deberá incluir además, el lenguaje utilizado en su definición, de manera que no existan ambigüedades, de esta manera de reducir el "gap" semántico, entre el constructor del modelo y los usuarios del mismo.

Un Esquema Conceptual, se utiliza para abstraer la esencia de un dominio bajo estudio, sirviendo a la vez, para proveer de

una correcta y completa especificación de los requerimientos que él debe cumplir.

En este contexto el presente trabajo, se focaliza con la visión aportada por [6] en donde un Esquema Conceptual es interpretado como un refinamiento de los requerimientos de usuario a través de los requisitos funcionales que resultarán en especificaciones más detalladas que constituirán dicho esquema.

En este mismo sentido otro aporte es el desarrollado por [7] en donde el Modelo Conceptual, establece los requisitos funcionales del Software y es uno de los resultados principales de dichas actividades, constituyéndose en una pieza fundamental para posteriores actividades en el desarrollo del Software.

El Modelo Conceptual representando los requisitos funcionales de un sistema de información, es la pieza clave para establecer el vínculo entre el espacio del problema y el espacio de la solución.

III. TENDENCIAS ACTUALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS.

En los últimos años, el modelado de procesos de negocios, ha despertado especial interés por parte de la Ingeniería de Software, debido a que brinda un punto de partida para la captura de requisitos. Estos modelos se consideran esenciales para conocer las actividades de una organización, permitiendo establecer los fundamentos para la construcción de un sistema de información correcto.

El Object Management Group (OMG) ha utilizado para representar los modelos de negocio diferentes tipos de notaciones, pero le ha dado principal importancia a Business Process Modeling Notation (BPMN) [11], en español Notación para el Modelado de Procesos de Negocio, es una notación gráfica estandarizada que permite el modelado de procesos de negocio en un formato de flujo de trabajo y a Unified Modeling Language (UML) [8] (a través de los diagramas de actividad y diagrama de casos de uso). Ambas notaciones ofrecen soluciones similares para la mayoría de los patrones de flujo de trabajo que soportan. Esto es lógico debido a que ambos estándares fueron diseñadas para satisfacer las mismas necesidades de modelado, pero con objetivos diferentes en diferentes etapas del desarrollo.

El interés de la Ingeniería de Software en el Modelado del Negocio surge porque a partir del estudio de la transformación de modelos, es posible iniciar el modelado de sistemas de información (elicitación de requisitos) que se pueden integrar al proceso de desarrollo del software.

Para el desarrollo de esta propuesta nos centraremos en el Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (MDD) [12], las definiciones y documentos emitidos por la OMG [9] [10] que es el organismo que se ha encargado del estudio y definición de los procesos de transformación de los modelos, en forma conjunta con el World Wide Web Consortium [13]. La transformación de modelos permite además de mejorar los tiempos en los procesos de elicitación de requisitos, otorgando confiabilidad a todo el proceso, brindando además la reducción de costos en el desarrollo e implementación de los sistemas.

IV. PROPUESTA METODOLÓGICA

Destacando el rol fundamental que actualmente desempeñan los modelos en el proceso de desarrollo del software, la propuesta metodológica inicia con el modelado del negocio a través de BPMN ver. 2.0. Una vez que se obtiene esta representación, se continúa identificando aquellas actividades del negocio que implican un manejo inherente de información para posteriormente transformarlas en Casos de Uso. Seguidamente se debe convertir cada caso de uso en una máquina abstracta. Ambos procesos, la gestión de cada Caso de Uso, y la transformación a Autómata Finito (AF) son soportados por la herramienta “Sistemas Integral Administración Requerimientos” (SIAR). Finalmente se procede a verificar la consistencia de cada Máquina abstracta ya sea que haya sido generada a partir de un Proceso de Negocio o un Caso de Uso, para de este modo detectar anomalías en las definiciones de los modelos.

A. Justificación de la propuesta

La ingeniería de software establece que el problema de construir software debe ser encarado de la misma forma en que los ingenieros construyen otros sistemas complejos, como puentes, edificios, barcos y aviones [12]. La idea básica consiste en observar el sistema de software a construir como un producto completo y a su proceso de construcción como un trabajo ingenieril. Es decir, un proceso planificado basado en metodologías formales apoyadas por el uso de herramientas.

B. Fundamentación.

Hacia finales de los años 70, Tom DeMarco [14] introdujo el concepto de desarrollo de software basado en modelos o MBD (por sus siglas en inglés “Model Based Development”). De Marco destacó que la construcción de un sistema de software debe ser precedida por la construcción de un modelo, tal como se realiza en otros sistemas ingenieriles.

La abstracción es una de las principales técnicas con la que la mente humana se enfrenta a la complejidad. Ocultando lo que es irrelevante, un sistema complejo se puede reducir a algo comprensible y manejable.

Actualmente casi todos los métodos de desarrollo de software utilizan modelos. Lo que varía de un método a otro es la clase de modelos que deben construirse, la forma de representarlos y manipularlos.

Esta metodología expresa la idea de que es posible modelar los procesos de negocio a través de BPMN y utilizar estos modelos como guías para la obtención del listado de casos de uso del sistema que darán soporte informático al negocio modelado.

El modelado del negocio es un punto fundamental para comprender el contexto del sistema que se está construyendo, y esto impacta directamente en el éxito o fracaso de un proyecto de software. Si no podemos entender el negocio, se pueden presumir conceptos erróneos sobre lo que debe hacer el software y cómo debe ser utilizado.

C. Etapas del proceso metodológico

La metodología que aquí se presenta, se conforma de las siguientes etapas, explicadas con mayor detalle a lo largo de este documento.

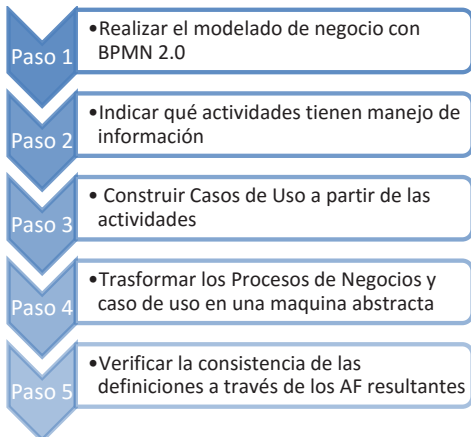


Figura 1 –Etapas de aplicación de la Metodologías

1) Realizar el Modelado de Negocio con BPMN 2.0

En BPMN, los Procesos de Negocio involucran la captura de una secuencia ordenada de las actividades e información que utiliza el proceso, el cuál implica representar cómo una empresa realiza sus objetivos centrales

BPMN es una notación basada en diagramas de flujo para definir procesos de negocio, desde los más simples hasta los más complejos y sofisticados, para dar soporte a la ejecución de procesos. BPMN es gráficamente más rico, con menos símbolos fundamentales, pero con más variaciones de éstos, lo que facilita su comprensión por parte de gente no experta. A continuación en la Fig.2 se visualiza un proceso de negocio.

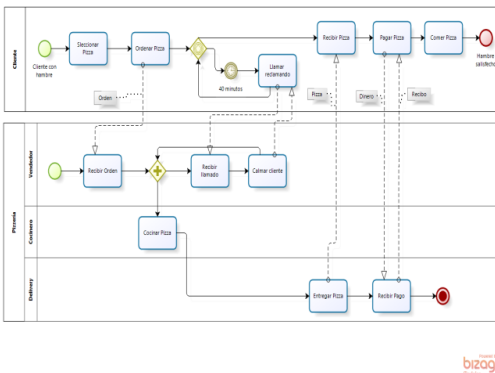


Figura 2. Ejemplo de un Modelo de Procesos de Negocio modelado con BPMN.

2) Indicar qué actividades tienen manejo de información.

En la Fig. 3 se muestra como se procede para seleccionar las actividades de negocio que son automatizadas y formarán parte del Sistema de Información

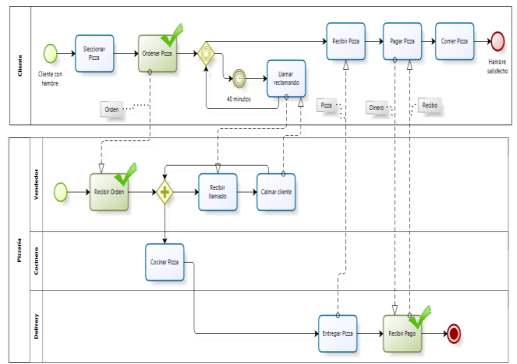


Figura 3. Se seleccionan las actividades automatizadas

Aquí, el analista deberá identificar en los diagramas de procesos aquellas actividades que utilicen / generen información, diferenciándolas de aquellas que son puramente manuales.

3) Construir Casos de Uso a partir de las actividades.

Un Caso de Uso es una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso. En el contexto de la ingeniería de software, un Caso de Uso es una secuencia de acciones que se desarrollarán entre un sistema y sus usuarios en respuesta a un evento sobre el propio sistema.

Los Diagramas de Casos de Uso sirven para especificar la comunicación y el comportamiento de un sistema mediante su interacción con los usuarios y/u otros sistemas. O lo que es igual, un diagrama que muestra la relación entre los actores y los Casos de Uso en un sistema. Una relación es una conexión entre los elementos del modelo, por ejemplo, la especialización y la generalización son relaciones.

Como técnica de extracción de requerimiento un Diagrama de Casos de Uso permite que el analista se centre en las necesidades del usuario, qué espera éste lograr al utilizar el sistema, evitando que la gente especializada en informática dirija la funcionalidad del nuevo sistema basándose solamente en criterios tecnológicos. A su vez, durante la extracción (elicitation en inglés), el analista se concentra en las tareas centrales del usuario describiendo por lo tanto los Casos de Uso que mayor valor aportan al negocio. Esto facilita luego la priorización de los requerimientos. Los Casos de Uso evitan típicamente la jerga técnica, prefiriendo el léxico del usuario final.

Desde una perspectiva tradicional de la ingeniería de software, un Caso de Uso describe una característica del sistema.

En este paso, utilizando como guía las actividades marcadas como no manuales en el punto anterior, es preciso identificar los Casos de Uso del sistema que darían soporte “informático” a las actividades.

4) *Transformar los Procesos de Negocios y Casos de Uso en un Automata Finito).*

Las máquinas abstractas son usadas para modelar una gran variedad de sistemas en diversas áreas. En este caso utilizamos un tipo particular de máquina abstracta que son los Automatas Finitos.

Entonces, una vez que se cuenta con una especificación detallada de los Procesos de Negocios y Casos de Usos que satisfacen las necesidades informáticas del negocio, se realiza la transformación de los mismos a máquinas abstractas.

Para formalizar esta transformación se definieron un conjunto de reglas de conversión bidireccionales:

Partiendo de BPMN: Cada una de las actividades de Negocio identificadas tendrá un mapeo directo con cada estado identificado del Automata finito. Lo mismo ocurrirá con los estados de Inicio y de finalización, ya sea por el éxito del procedimiento o por el fracaso del mismo. Los arcos del automata finito surgirán a través de los flujos de trabajo que vinculan las Actividades del proceso de Negocio.

Partiendo de Plantilla de Caso de Uso: El estado inicial lo constituye las precondiciones, cada acción o respuesta del sistema son arcos del AF, siendo los episodios alternativos las transiciones a estados diferentes con diferentes entradas. Este proceso es soportado tanto para CU a nivel de trazo Grueso y Finos, lo único que varía es la cantidad de estados que la constituyen.

5) *Verificar la consistencia de las definiciones a través de los Automatas Finitos resultantes.*

Al contar con la representación de cada Proceso de negocio o Caso de Uso, y tal lo desarrollado en [15], sobre cada uno de estos se obtiene un Automata Finito, partir de una transformación directa de la representación del modelo que debe ser validado, podemos efectuar distintas acciones:

- *Conjunto Conexo y accesibilidad de estados.*

Estas verificaciones resultan fundamentales para verificar que todas y cada una de las abstracciones de estados por los que transita el AF tienen correlación con el planteo del mismo, ya que si un estado definido en el AF no es accesible desde el estado inicial, significa que el modelo que está siendo representado por el automata no está correctamente planteado y debe necesariamente ser reformulado.

Si un automata no es conexo basta con eliminar los estados inaccesibles (estados no conexos) y todas sus transiciones (las de entrada y las de salida) para obtener un nuevo automata conexo equivalente.

- *Automata Finito Determinista.*

La forma de definir los modelos de procesos puede resultar en caminos o procesos paralelos o simultáneos, los que se traducen en no determinismo dentro de los Automatas Finitos, los cuales merecen una especial atención de su conveniencia en mantenerlos en los modelos. Así, es necesario convertir el AF No Determinista en uno Determinista equivalente, de manera

de brindar al analista la posibilidad de analizar si se reformula el modelo o se mantiene tal como está definido.

- *Minimización del Automata Finito.*

Un AF no mínimo significa la presencia de estados equivalentes, los cuales pueden ser identificados y reemplazados, y de esta manera simplificar el Modelo que representa al Proceso de Negocio (en el proceso de Negocio dos estados equivalentes del AF equivalen a la existencia de una re invocación de una acción que puede ser eliminada).

- *Simulación de Ejecución de Automatas Finitos.*

Para cada modelo de proceso de Negocio y su correspondiente representación del Automata Finito, pueden establecerse un conjunto de entradas, que al ser simuladas, verifican si se producen los resultados esperados por el modelo.

Luego de hacer esto podemos realizar una trazabilidad inversa hacia los procesos y determinar si en el proceso hay actividades que no se realizan (a partir de los estados no conexos) y procesos que son irrelevantes o innecesarios desde la minimización del automata relacionado.

V. HERRAMIENTAS DE SOPORTE

Para dar sustento y soporte a la metodología propuesta a través la transformación de modelos se ha desarrollado una herramienta que definiremos a continuación.

A. *Sistema Integral de Administración de Requerimiento.*

A partir de la definición de las actividades de negocios automatizadas identificadas en los Procesos de negocios definidas se realiza la construcción de los casos de usos del sistema, los cuales son administrados por una herramienta (SIAR) que agilice su registración, normalice su contenido y posibilite implementar validaciones funcionales a través de los Automatas Finitos.

B. *Descripción de la herramienta.*

1) *Construir Casos de Uso a partir de las actividades.*

Esta herramienta es una aplicación web que permite registrar en forma normalizada los casos de uso que comprende:

- Administración de los atributos de un proyecto (de sistemas) y sus versiones.
- Gestión de los alcances de cada versión del proyecto y los casos de uso asignados.
- Administración de los artefactos de un caso de uso, incluyendo actores, pre-condiciones, post-condiciones, escenario principal y escenarios alternativos, y su versionado.
- Clasificación, priorización y trazabilidad de los casos de uso.
- Visualización de consultas y generación de reportes en distintos formatos, inclusive XPDL, para comunicarse con otras aplicaciones.

- Gestión de atributos de procesos de negocio, de actividades de negocio que los componen y los casos de uso asociados a estas actividades.

2) Transformar un caso de uso en una máquina abstracta

Una vez completa la versión de un caso de uso y utilizando el conjunto de reglas de conversión del caso de uso en un grafo de estados, definidas en este paso de la metodología, SIAR genera el grafo de estados.

El grafo de estados asociado al caso de uso tiene un alfabeto de tres símbolos para indicar qué evento lo cambia de un estado/nodo a otro:

- A = Por medio de una Acción determinada.
- S = Cuando Si se cumple una condición que bifurca a un escenario alternativo.
- N = Cuando No se cumple una condición que bifurca a un escenario alternativo.

Partiendo de un estado/nodo origen, en la función de transición puede estar asociado solamente uno de los símbolos: A, N o S. Con esto se cumple la condición necesaria de un autómata finito determinista. De esta manera, si la transición entre dos estados/nodos se da dentro de un mismo camino, se asocia el símbolo A. Si en cambio interviene una bifurcación, la función de transición hacia el estado/nodo destino por cumplimiento de la condición de bifurcación, se asocia el símbolo S. Por el otro camino de la bifurcación, se asocia el símbolo N. Los estados y sus relaciones (arcos pueden verse en la próxima figura.

Tabla De Estados Casos de Uso: 1 - 1 - 1 - 1 CONSULTAR CURSOS Versión: 6					
Estado / Paso Origen	Estado / Paso Destino	Transición	Estado Final	por Error	Tipo
1	2	A			S
2	3	A			S
3	4	A			S
4	4-A	N			C
4-A	4-A-1	A			S
4-A-1	4-A-2	A	SI		S
4	5	S			C
5	6	A			S
6	6-A	S			C
6-A	6-A-1	A			S
6	7	N			C

Figura 4. Tabla de estados de un caso de uso. Transformación automática por SIAR.

Una vez generado el grafo de estados se expresa en protocolo XPD, por ser el más adecuado para intercambiar modelos de procesos entre distintas herramientas. Este lenguaje da soporte a la definición y a la importación/exportación de procesos, con el objetivo de que, aunque se modele un proceso en una aplicación, este modelo pueda ser usado por otras aplicaciones de modelado y/o por otras aplicación es que trabajen en el entorno de ejecución.

A continuación en la Fig.5 se muestra el resultado de la transformación a través de la configuración de una herramienta

XLST a XML aceptado por el módulo Validador de Autómatas Finitos.

```

<transicion
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:type="java:dominio.automas.TransicionFinita">
  <simbolo>
    <simbolo>S</simbolo>
  </simbolo>
  <estado-inicio>
    <denominacion>4</denominacion>
  </estado-inicio>
  <estado-fin>
    <denominacion>5</denominacion>
  </estado-fin>
  <denominacion>f( 4, S) = 5</denominacion>
</transicion>

```

Figura 5. Fragmento de archivo XML generado por SIAR.

C. Simulador de Autómata Finito.

A partir de este punto es posible simular el comportamiento que tendrá el sistema y llevar a cabo la última etapa del proceso metodológico que es verificar la consistencia secuencial de los escenarios de los procesos de negocios y de los casos de uso.

Lo que se hace es ingresar el archivo XML (salida transformada de BPMN o SIAR), que representa al proceso de Negocio o caso de uso como grafo de estados, al sistema de validación de Máquinas Abstractas “Autómata Finito”.

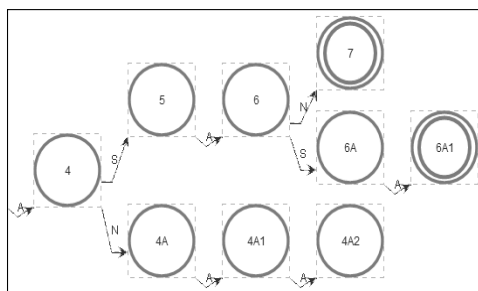


Fig. 6. Grafo de estados en el simulador de autómatas finitos

D. Validaciones sobre el Autómata finito generado

El conjunto de validaciones que se efectúan, sobre cada uno de los AF construidos a partir de los CU Derivados y de Soporte son los siguientes:

- **Visualización de Autómatas Finitos en la Herramienta Validación:** Definición Formal, Grafo y Tabla de Estados/Entradas
- **Conjunto Conexo – Accesibilidad de Estados:** Se verificará si todos los estados definidos son accesibles desde el estado inicial, con lo cual garantiza una correctitud en la definición de los mismos.

- **Construcción de Autómata Finito Determinista:** Para cada uno de los Autómatas Finitos construidos se informará si el mismo en caso de ser No determinista (Procesos en Paralelo) un AF Determinista equivalente, con procesos secuenciales.
- **Minimización del Autómata Finito Determinista:** Al Igual que el punto anterior, para cada uno de los Autómatas Finitos construidos se informará si el mismo es factible de ser minimizado, esto es hay estados equivalentes y la herramienta propone una nueva solución.
- **Simulación de Ejecución:** Este proceso resulta imprescindible para validar si los Procesos de Negocios representados a través del Autómata Finito respectivos están construidos de manera correcta. Este punto, se necesita una ejemplificación sobre su aplicación, ya que hay realizar una interpretación sobre las acciones descriptas en los casos de uso, y las transiciones entre estados de los AF.

El simulador posibilita probar el grafo de estados y comprobar si es aceptado o rechazado. Si es aceptado, significa que la consistencia de los escenarios del caso de uso es correcta. Si no, el rechazo, indica que habrá que revisar e introducir modificaciones en el modelo de origen al AF.

A continuación en la Fig 7 se muestra una pantalla de salida del módulo de la herramienta de Validación en donde se muestra la secuencia de entradas y la transición de estados.

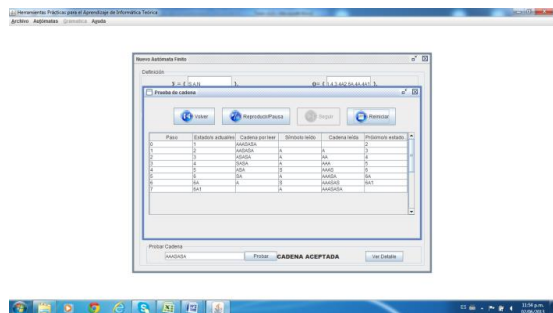


Fig.7. Pantalla informe resultado ejecución

De esta manera se logra control y trazabilidad de los cambios en los escenarios de los requerimientos funcionales.

VI. CONCLUSIÓN.

A través de esta propuesta metodológica y sus herramientas de soporte, que se sintetizan como un conjunto de transformaciones aplicadas sobre el modelo conceptual primario, es posible generar nuevos modelos que sirvan para representar las máquinas abstractas necesarias para la validación de los requerimientos funcionales iniciales, garantizando de esta forma que los modelos reflejen fielmente la realidad, sin ambigüedades, manteniendo la coherencia y asegurando la trazabilidad a lo largo de todo el proceso de gestión de requerimientos.

Estas validaciones y simulaciones a las Máquinas Abstractas generadas a través de un proceso automatizado de transformaciones, ya sean sobre: Procesos de Negocios, o Plantillas de Casos de Uso, nos permiten confirmar las características deseables sobre las especificaciones de los requisitos funcionales del sistema a construir.

Por tal motivo, este proceso de validación propuesto resulta sumamente útil para validar el modelo conceptual propuesto para luego construir el sistema de software que de soporte al sistema de información.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] E. Insrán, I. Díaz, M. Burbano, Modelado de Requisitos para la Obtención de esquemas conceptuales. Disponible en: <http://www.dsic.upv.es/~cinsfran/papers/39-ideas2002.pdf> Fecha Consulta: 02/10/06
- [2] B. Boehm, V.R. Basili, Software defect reduction top 10 list. IEEE Computer, 01/01/01
- [3] I. Sommerville, Ingeniería del Software. ISBN 9788478290741, Pearson Educación.
- [4] Ian Sommerville Ingeniería de Software Editado por Pearson Educación – México 2011 Versión impresa ISBN 978-607-32-0603-7
- [5] F. Sesé Muniátegui, Tesis Doctoral: Propuesta de un método de validación de esquemas conceptuales y análisis comparativo de la noción de información en los métodos de desarrollo de Sistemas de información Disponible en: www.tesisenxarxa.net/TDX-0517107-131929/ Fecha consulta: 20/05/08
- [6] E. Insrán, E. Tejadillos, S. Martí, M. Burbano, Transformación de Especificación de requisitos en esquemas conceptuales usando Diagramas de Interacción. Disponible en: [www.inf.pucrio.br/~wer02/zip/Transformacion_Espec\(7\).pdf](http://www.inf.pucrio.br/~wer02/zip/Transformacion_Espec(7).pdf) Fecha Consulta: 04/12/07
- [7] [Letelier 1999] P. Letelier, P. Sanchez, I. Ramos. http://www.researchgate.net/publication/36720988_Un_ambiente_para_especificaciones_incremental_y_validacin_de_modelos_conceptuales/fil/e/d912f50ca20c33f5e5.pdf. Fecha de consulta web: 12 de marzo de 2013.
- [8] Object Management Group. Unified Modelling Language: Superstructure Version 2.0 (online), Julio 2005, <http://www.omg.org>
- [9] Object Management Group: XML Metadata Interchange (XML). version 2.1.1, 1 December 2007. http://www.omg.org/technology/documents/modeling_spec_catalog.htm#XML.
- [10] Object Management Group: MOF Query / Views / Transformations. Version 1.0, April 2008. http://www.omg.org/technology/documents/modeling_spec_catalog.htm
- [11] Object Management Group. Business Process Modeling Notation (BPMN). http://www.omg.org/technology/documents/br_pm_spec_catalog.htm, version 1.2, 3 January 2009.
- [12] C. Pons, R. Giardini, G. Pérez. Desarrollo de Software dirigido por modelos – Conceptos Teóricos y su aplicación práctica Editorial Universidad Nacional de la Plata 1ra edición 2010.
- [13] World Wide Web Consortium: Extensible Markup Language (XML). Version 1.0(fifth edition), 26 November 2008. <http://www.w3.org/XML/>
- [14] DeMarco, T., Structured Analysis and System Specification, Yourdon Press, 1978.
- [15] Manuel Perez Cota, Mario Groppo y Marcelo Marciszack. Validación de Especificaciones Funcionales en el modelado de Esquemas Conceptuales a través de Máquinas Abstractas. CoNaISI 2013..
- [16] F. Branco, R. Gonçalves, J. Martins, M. Pérez Cota, Decision Support System for the Agri-food Sector-The Sousacamp Group Case. New Contributions in Information Systems and Technologies, 553-563, 2015
- [17] J. Martins, Ro. Gonçalves, J. Pereira, M. Pérez Cota. Iberia 2.0: A way to leverage Web 2.0 in Organizations. Information Systems and technologies (CISTI), 2011 7th. Iberican conference.

Funcionalidades para a Promoção do Trabalho Colaborativo em Investigação Qualitativa

O caso *software* webQDA

Features for the promotion of Collaborative Work in Qualitative Research

webQDA Software

António Pedro Costa¹³, Francislê Neri de Souza¹

¹CIDTFF - Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na Formação de Formadores
DE/UA- Departamento de Educação, Universidade de Aveiro

Aveiro, Portugal

apcosta@ua.pt; fns@ua.pt

Luís Paulo Reis²³, Fábio Freitas¹

²EEUM/DSI - Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Departamento de Sistemas de Informação
³LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores e Centro ALGORITMI
Guimarães, Portugal

lpreis@dsi.uminho.pt; fabiomauro@ua.pt

Resumo — A investigação científica sempre se fez e se faz de modo colaborativo. Hoje temos disponível a internet que facilita este processo através de ferramentas de comunicação, a partilha de dados, gestão de tarefas, entre outras. No entanto, a investigação qualitativa tem dado passos tímidos no trabalho verdadeiramente colaborativo. Este artigo apresenta o modelo 4C do trabalho colaborativo, bem como as funcionalidades de colaboração disponíveis na versão atual (2.0) do *software* de apoio à análise qualitativa webQDA. O estudo foi realizado tendo como base um questionário destinado a compreender a opinião de uma amostra aleatória de utilizadores do Brasil, Espanha e Portugal sobre estas funcionalidades. Os resultados demonstram que as funcionalidades de comunicação, cooperação e coordenação ainda não são devidamente exploradas pelos investigadores. Esperamos que o desenvolvimento da versão 3.0 do webQDA, possa ser beneficiada pela identificação das funcionalidades mais exploradas pelos investigadores e aponte novas potencialidades a serem disponibilizadas.

Palavras Chave – Trabalho Colaborativo; Investigação Qualitativa; webQDA; Computação Qualitativa.

Abstract — Scientific research has always been done and is done in a collaborative manner. Today we have available the internet that facilitates this process through communication tools, data sharing, management tasks, among others. However, qualitative research has taken timid steps towards a truly collaborative work. This paper presents the 4C collaborative work model as well as the collaboration features available in the current version (2.0) of the qualitative analysis software webQDA. The paper is based on a questionnaire sought to understand the views of a random sample of users in Brazil, Spain and Portugal about these features. The results achieved demonstrate that the communications capabilities, cooperation and coordination are not yet fully explored by researchers. We hope that the development of version 3.0 of webQDA, can be benefited by the identification of the features most exploited by researchers and point to desired new features to be made available.

Keywords - Collaborative Work; Qualitative Research; webQDA; Qualitative Computing.

I. INTRODUÇÃO

O aumento de soluções tecnológicas desenvolvidas para a nuvem (*cloud computing*) tem vindo a crescer à medida que determinadas áreas sofrem mudanças, como é o caso da Investigação Qualitativa.

Tradicionalmente a análise de dados na investigação qualitativa é um trabalho solitário com posterior validação pelos pares. As ferramentas tecnológicas de apoio à análise qualitativa de dados proliferam a um ritmo crescente e possibilitam o trabalho colaborativo em pequenos ou grandes grupos, análise de grande volume de dados, gestão de tarefas e comunicação de uma forma que não era possível antes. Neste contexto surgiu o webQDA [1]. O webQDA (*Web Qualitative Data Analysis*) é um *software* de análise de dados qualitativos num ambiente colaborativo e distribuído (www.webqda.net). Apesar de existirem alguns pacotes de *software* que tratam de dados não numéricos e não estruturados (textos, imagem, vídeo, entre outros) em análise qualitativa, raros são os que podem ser utilizados por vários investigadores num ambiente de trabalho colaborativo e distribuído como a Internet pode oferecer. O webQDA segue o desenho estrutural e teórico de outros programas diferenciando-se de todos estes por proporcionar trabalho em grupos colaborativo *online* em tempo real em um serviço de apoio à investigação [2].

Com o webQDA é possível partilhar e trabalhar colaborativamente com outros investigadores num mesmo projeto, através da gestão de tarefas, gestão de mensagens, convite a novos utilizadores (por exemplo, os orientadores).

Após estas considerações iniciais, importa perceber o conteúdo das secções seguintes do presente artigo. Assim a próxima secção apresentamos conceitos associados ao trabalho

colaborativo na investigação qualitativa, descrevendo os modelos que permitem justificar a implementação e melhoria de determinadas funcionalidades. Na terceira secção abordamos as funcionalidades de trabalho colaborativo presentes no webQDA. Por sua vez, na quarta secção apresentamos resultados de um inquérito por questionário a uma amostra aleatória de utilizadores do webQDA de Portugal, Brasil e Espanha, especificamente sobre as funcionalidades de trabalho colaborativo disponível no webQDA.

Por fim, nas conclusões deste estudo apresentamos uma reflexão crítica sobre a utilidade das ferramentas de colaboração disponível, e uma lista de algumas funcionalidades que poderão ser implementadas numa próxima versão do webQDA.

II. O TRABALHO COLABORATIVO NA INVESTIGAÇÃO QUALITATIVA

A. Modelo 4C

O Modelo 4C (Figura 1) surgiu do modelo 3C de colaboração [3] que teve por base um modelo de Ellis que surgiu na década de 90 [4].

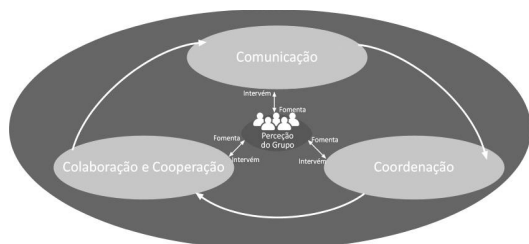


Figure 1. Modelo 4C [5] adaptado de Fuks e colaboradores [3]

O Modelo 4C difere essencialmente do modelo 3C de colaboração, na medida que não insere a cooperação como algo integrado na Colaboração. O modelo assenta sobre três pilares - a comunicação, a coordenação e colaboração e cooperação - que passamos a descrever sucintamente:

• Comunicação

Envolve compromissos e negociação dos mesmos. A comunicação (Figura 2) representa uma ação entre o emissor que, de acordo com os seus objetivos e compromissos, redige uma mensagem para ser enviada, e o recetor que, ao receber e interpretar a mensagem, pode levar a que os seus compromissos e conhecimentos sejam modificados. Para transmitir o conteúdo da informação, o emissor envia sinais numa linguagem apropriada e perceptível para a interação com o recetor, de forma que todos possam perceber a mesma. Para transmitir a mensagem, é utilizada a ferramenta de comunicação através da qual se processa a interação.



Figure 2. Modelo de Comunicação [5] adaptado de Fuks e colaboradores [3]

Quando os investigadores comunicam, normalmente, concentram-se no Nível da Argumentação, negociando compromissos e a responsabilização ou papéis nas tarefas. A comunicação será bem-sucedida se o objetivo do emissor resultar nos compromissos esperados. A única forma de se obter indícios do sucesso da comunicação é através do discurso e das ações (e reações) do recetor.

• Coordenação

A coordenação é a gestão de dependências entre investigadores, sendo gerida por mecanismos de coordenação. Os mecanismos podem ser ubíquos (encontrados em muitos processos) ou variáveis (podem gerir muitos tipos de dependências). De acordo com Acuna, Gómez, & Juristo, (2009), o trabalho cooperativo exige um esforço suplementar de coordenação da equipa, de forma a evitar que os fatores do comportamento, que surgem através da interação, tais como, conflitos, a coesão, a cooperação e a comunicação, levem a falhas.

A coordenação (Figura 3) organiza a equipa de investigadores atribuindo tarefas para serem realizadas por determinada ordem, dentro de um determinado intervalo de tempo e cumprindo os objetivos inicialmente propostos [6]. A coordenação envolve ainda a articulação das diferentes tarefas, levando às ações necessárias para o trabalho cooperativo. As tarefas devem ser assumidas como um compromisso individual ou da equipa.

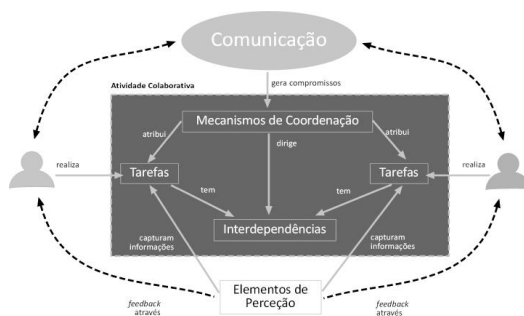


Figure 3. Modelo de Coordenação [5] adaptado de Fuks e colaboradores [3]

Os elementos de percepção são fundamentais para a coordenação da equipa. Com estes, é possível conhecer em que

fase está o projeto e o que cada elemento está executando em determinada fase. Os elementos de percepção permitem transmitir ou provocar mudanças de forma a gerar um novo compromisso, controlando a qualidade do projeto com respeito aos objetivos previamente estabelecidos, evitando a duplicação de esforços. Como sugere a teoria da mente coletiva, quando os membros da equipa mantêm a percepção do papel de cada um através da interação empenhada, maior será a garantia do bom desempenho da equipa [7].

• **Colaboração e Cooperação**

A cooperação poderá resumir-se ao trabalho que a equipa desenvolve em conjunto, com objetivo de conceber ou executar tarefas atribuídas pela coordenação (Figura 4). As tarefas passam essencialmente por desenvolver soluções de projeto, tais como, documentos e interfaces gráficas. A coordenação efetua a gestão das tarefas para atingir-se determinado objetivo [8].

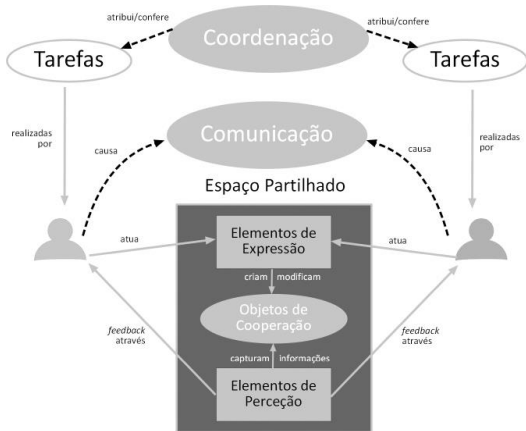


Figure 4. Modelo de Cooperação [5] adaptado de Fuks e colaboradores [3]

Para Dillenbourg, Baker, Blaye & O'Malley o trabalho cooperativo é conseguido através da divisão do trabalho entre os participantes, como uma atividade onde cada um é responsável por uma parte da solução do problema, sendo o trabalho colaborativo o engajamento mútuo dos participantes em um esforço coordenado para resolver o problema juntos [9].

III. O TRABALHO COLABORATIVO NO WEBQDA

No webQDA é possível compartilhar e trabalhar colaborativamente com outros investigadores num mesmo projeto, através da gestão de tarefas e da gestão de mensagens. Para isto é possível convidar outros utilizadores (por exemplo, os orientadores para compartilhar o projeto) com diferentes perfis de utilizador:

- Investigador Colaborador: tem permissões para editar e inserir dados num determinado projeto;
- Investigador Convidado: apenas tem permissões para visualizar os dados disponibilizados num determinado projeto.

Através da menu de Administração (Figura 5) Após aceder a um determinado projeto no webQDA, no separador Utilizadores é possível criar novos utilizadores (número 1 da Figura 6) ou convidar existentes para um projeto, “Bloquear” ou “Ativar” utilizadores já convidados, ver Detalhes e Eliminar um utilizador. É possível também “Editar” os seus dados pessoais.

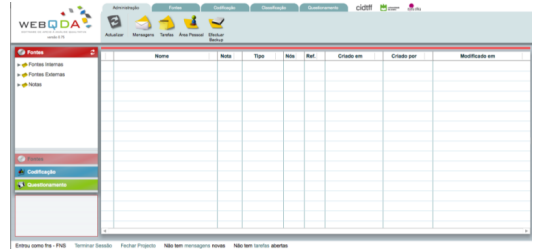


Figure 5. Área de Administração (comunicação e gestão do webQDA)

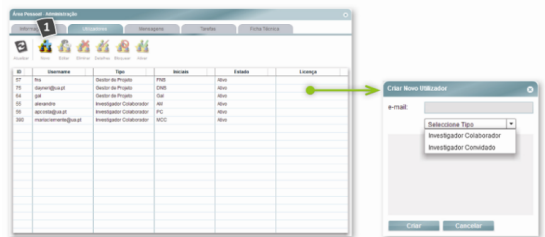


Figure 6. Gestão de utilizadores de um projeto no webQDA

O separador “Mensagens” serve para gerir as mensagens “Recebidas”, “Eliminadas”, “Enviadas” e guardar os “Rascunhos”. Para enviar uma mensagem (Figura 7), o utilizador tem que selecionar o utilizador para o qual pretende enviar a mesma, preenchendo o campo “Assunto” e “Mensagem”. Ao enviar uma mensagem para um utilizador, este receberá na caixa de correio eletrónico que utilizou para efetuar o registo no webQDA um aviso de que recebeu uma nova “Mensagem” (no projeto respetivo). Este sistema de mensagens foi configurado para facilitar a comunicação entre os vários membros do mesmo projeto.





Figure 7. Comandos do Separador de Mensagens e Enviar Mensagens

O separador Tarefas (ver Figura 8) é composto por três separadores em que se pode gerir as Tarefas Abertas (eliminadas e concluídas). Ao clicar no comando Nova Tarefa poderá nomear e descrever a tarefa, calendarizar e definir o estado da mesma. As Tarefas podem ser classificadas por diferentes estados: Não Iniciada, Em Andamento, Concluída, Pendente de Outros ou Eliminada.

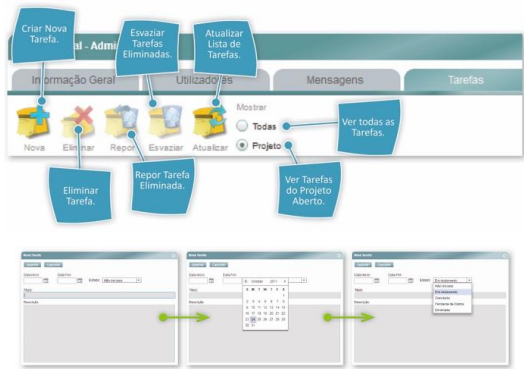


Figure 8. Comandos do Separador de Tarefas e Criar uma Nova Tarefa

As diferentes funcionalidades foram implementadas com o objetivo de facilitar o trabalho colaborativo entre investigadores, aproveitando o atual avanço tecnológico. O ambiente distribuído, proporcionado pela internet, facilita assim, a partilha e a comunicação entre vários investigadores [10] [11]. Assim é possível partilhar os esforços de análise qualitativa e calendarizar com todos os colaboradores os dados, as codificações e a triangulação em todo o sistema com objetivo de responder as questões de investigação.

Não é objetivo neste artigo descrever todos os outros potenciais do webQDA, mas focar as possibilidades desta ferramenta para apoiar o trabalho colaborativo. Convidamos os leitores a aprofundarem através de algumas publicações [2][12] ou diretamente na página www.webqda.net.

IV. METODOLOGIA

Estamos diante de um estudo de investigação & desenvolvimento, de natureza qualitativa com caráter quantitativo, em que se pretende descrever e avaliar as funcionalidades de colaboração do *software* webQDA [13]. No arranque deste estudo foi aplicado o inquérito por questionário, com perguntas abertas e fechadas, dividido em três partes: 1) Caracterização dos participantes; 2) Metodologias exploradas no webQDA; e 3) Sobre a experiência de utilização do webQDA. Neste artigo vamos nos concentrar nas questões

sobre a percepção e nível de utilização das ferramentas de trabalho colaborativo *online*.

A. Recolha e Análise de Dados

Os dados recolhidos foram obtidos através de um inquérito por questionário, no qual participaram 98 utilizadores do webQDA. Este questionário foi aplicado *online* e pretendeu recolher dados relativos à opinião dos utilizadores relativamente ao uso do webQDA. Os resultados analisados neste artigo referem-se especificamente à opinião dos utilizadores no que concerne à sua relação com as funcionalidades disponíveis na versão 2.0 do webQDA. Concretamente analisamos a frequência de utilização declarada sobre as ferramentas de promoção do trabalho colaborativo entre investigadores, nas dimensões: Comunicação, Coordenação e Cooperação. Os dados foram analisados com apoio dos pacotes de *software* SPSS versão 22 e Microsoft Excel.

V. RESULTADOS

Os 98 participantes tinham idades compreendidas entre os 25 e 65 anos sendo que 72% eram do sexo feminino, enquanto que o sexo masculino teve uma representação de 28%. Relativamente às habilitações académicas dos participantes, a grande maioria (87%, n=83) tinha completado o doutoramento (49%, n=48) ou estava com o doutoramento em desenvolvimento (38%, n=35). Sendo que, 12% (n=12), estavam a realizar o mestrado, enquanto que apenas 3% (n=3) tinham o mestrado concluído. A maioria dos inquiridos estava ligado à área das Ciências da Educação e Ensino (54%, n=53) e 51% (n=50) são Docentes, sendo que 22% (n=22) a acumulam a docência com a investigação.

Os resultados deste estudo demonstram que, no que se refere à utilização da funcionalidade “Envio de Mensagens” no webQDA (ver Figura 9), mais de metade dos inquiridos (52%, n=51) revelou nunca ter recorrido a esta funcionalidade de trabalho colaborativo, sendo que 18% (n=18) raramente o faz, 20% (n=20) realiza-o às vezes e apenas 7% (n=7) o faz muitas vezes ou sempre (2%, n=2).

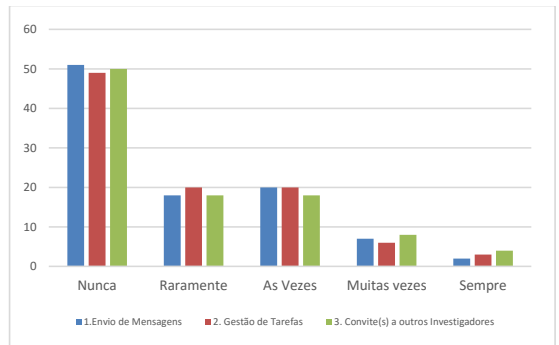


Figure 9. Grau de frequência de utilização (Trabalho Colaborativo).

No que respeita à gestão de tarefas (Ver segunda coluna da Figura 9), os utilizadores do webQDA revelaram na sua maioria (50% n=49) nunca recorrer à “Gestão de Tarefas”,

enquanto que 20,4% (n=20) demonstraram usar raramente ou às vezes. Apenas 6,1% (n=6) manifestaram recorrer muitas vezes a este recurso de trabalho colaborativo e 3,1% (n=3) afirmaram fazê-lo sempre. Ainda na Figura 9, a terceira coluna representa a frequência de convite(s) a outro(s) investigador(es) para o trabalho colaborativo. Uma vez mais os resultados recolhidos parecem confirmar os valores já anteriormente referidos. Mais de metade dos inquiridos (51% n=50) nunca optou por convidar um investigador para um projeto no webQDA, havendo 18,4% (n=18) que o faz raramente ou às vezes. Porém há um ligeiro aumento na percentagem de utilizadores que o faz muitas vezes (8,2% n=8) e daqueles que recorrem sempre a esta utilização (4,1% n=4).

Estes dados permitem-nos aferir que, no que toca ao trabalho colaborativo, a maioria dos utilizadores inquiridos demonstra ainda muita resistência à utilização destas funcionalidades no webQDA. Tal evidência pode não se dever à dificuldade de utilização dos recursos de trabalho colaborativo disponibilizadas no webQDA, mas possivelmente ao facto de que a maioria dos docentes e investigadores ainda não demonstram possuir rotinas e/ou competências do trabalho colaborativo.

Todavia, este estudo pretendeu igualmente debruçar a sua atenção para o perfil de utilizador que privilegia o trabalho colaborativo no webQDA. Assim, levamos em conta apenas as opções do questionário que melhor representavam a opção pela utilização de trabalho colaborativo: “Muitas Vezes” e “Sempre” para a próxima análise comparativa.

Na Tabela 1 é possível constatar que, no âmbito geral, os utilizadores do sexo masculino apresentam uma ligeira predisposição ao trabalho colaborativo, exceção apenas no que diz respeito à “Gestão de Tarefas”, onde as utilizadoras revelam maior disponibilidade. Contudo esta diferença não é relevante e no global não podemos afirmar que existe diferença de género quanto ao uso das ferramentas colaborativa do webQDA.

TABELA 1. FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE TRABALHO COLABORATIVO POR GÉNERO

Género	Trabalho Colaborativo (Envio de Mensagens)		Trabalho Colaborativo (Gestão de Tarefas)		Trabalho Colaborativo (Convites) a outros Investigadores)	
	Muitas Vezes	Sempre	Muitas Vezes	Sempre	Muitas Vezes	Sempre
Masculino	71% (n=5)	50% (n=1)	17% (n=1)	67% (n=2)	75% (n=6)	50% (n=2)
Feminino	29% (n=2)	50% (n=1)	83% (n=5)	33% (n=1)	25% (n=2)	50% (n=2)

Em relação às habilitações literárias, foi possível constatar que a quase a totalidade dos inquiridos são estudantes com o doutoramento em desenvolvimento ou que já o concluíram, sendo eles os grandes impulsionadores do trabalho colaborativo no webQDA (ver Tabela 2). Observamos também que é nulo o recurso a estas ferramentas entre os estudantes de mestrado e praticamente insignificante entre os utilizadores com o grau de Mestre.

TABELA 2. FREQUÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE TRABALHO COLABORATIVO POR HABILITAÇÕES ACADÉMICAS.

Habilitação Académica	Trabalho Colaborativo (Envio de Mensagens)		Trabalho Colaborativo (Gestão de Tarefas)		Trabalho Colaborativo (Convites) a outros Investigadores)	
	Muitas Vezes	Sempre	Muitas Vezes	Sempre	Muitas Vezes	Sempre
Mestrado em Desenvolvimento	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)
Mestrado Concluído	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)	0% (n=0)	12% (n=1)	0% (n=0)
Doutoramento em Desenvolvimento	57% (n=4)	100% (n=2)	33% (n=2)	67% (n=2)	63% (n=5)	50% (n=2)
Doutoramento Concluído	43% (n=3)	0% (n=0)	67% (n=4)	33% (n=1)	25% (n=2)	50% (n=2)

Apesar dos utilizadores com mestrado em desenvolvimento ou já concluído, representarem apenas 15% (n=15) do total dos inquiridos, acreditamos que esta situação pode ser decorrente do baixo incentivo ou a falta de desenvolvimento de competência de trabalho colaborativo na investigação na formação inicial. Tal circunstância pode ajudar a explicar a razão da existência destes baixos índices de utilização das ferramentas colaborativas do webQDA entre as pessoas com o grau académico de mestre. Contudo esta inferência deverá ser objeto de outra investigação mais aprofundada.

CONCLUSÕES

Os suportes tecnológicos têm contribuído tanto para a organização e análise de dados, como para a produção colaborativa do conhecimento nos diversos contextos investigativos. O *software* webQDA, amplia as possibilidades de comunicação, cooperação e coordenação entre investigadores na definição/validação das dimensões de análise (categorização, codificação e recodificação, entre outros) fundamentais para as construções de síntese e análise.

Os resultados alcançados neste estudo realçam a lenta mudança de paradigma em que o investigador já não produz conhecimento de forma individual e solitária. Os principais resultados deste trabalho foram:

1. Os utilizadores do webQDA versão 2.0 não utilizam de forma generalizada as funcionalidades de trabalho colaborativo disponíveis neste *software*. Apenas 9% em média já utilizaram algumas destas funcionalidades.
2. Não existe diferença de género na utilização das funcionalidades de trabalho colaborativo do webQDA.
3. A nacionalidade portuguesa parecer ser a que mais utilizam as ferramentas colaborativa do webQDA. Não havendo diferenças relevantes entre as outras nacionalidades estudadas.
4. Os utilizadores com maior formação académica (Doutoramento) são os que afirmam mais utilizar as ferramentas de trabalho colaborativo do webQDA.

Todos estes resultados parecem indicar que não existe uma consciencialização da importância do trabalho colaborativo na investigação científica ou simplesmente falta uma maior sensibilização e formação sobre as ferramentas de colaboração disponível no webQDA. Acreditamos que a divulgação e

formação sobre as funcionalidades de colaboração disponível na nuvem de computadores como um todo, e das ferramentas do webQDA em particular pode incentivar o desenvolvimento do trabalho colaborativo mesmo a nível de mestrado e doutoramento, onde muitas vezes o grupo de trabalho pode-se resumir ao orientador e ao orientando.

Para além das ações de formação e sensibilização para a integração das ferramentas colaborativas do webQDA, é necessário melhorar as ferramentas disponíveis e implementar novas que facilite o trabalho *online*. Assim no que se refere uma nova versão do webQDA seria importante melhorar e desenvolver:

- Identificação dos investigadores que realizam determinadas tarefas, por exemplo, codificação;
- Interligação do módulo de envio de mensagens com o módulo de gestão de tarefas;
- Avisos por emails das partes do projeto que foram editadas por membros de um grupo de um mesmo projeto.

De acordo com o já referido por Costa et. al, a comunicação *online*, normalmente, compreende a troca de mensagens. Porém, quando associada no trabalho colaborativo entre investigadores, compreende também a negociação de compromissos. Dividir co-responsabilidades na produção do conhecimento quando usadas as ferramenta de comunicação, possibilita a interação e a colaboração nos estudos qualitativos [11].

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor e o quarto autor agradecem à Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) o apoio financeiro que possibilitou o desenvolvimento deste estudo e apresentação do mesmo. Os autores agradecem à empresa Micro IO e respectivos colaboradores pelo desenvolvimento da nova versão do webQDA e aos participantes deste estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] F. N. de Souza, A. P. Costa, and A. Moreira, “webQDA.” Micro IO, Aveiro, 2016.
- [2] F. N. Souza, A. P. Costa, and A. Moreira, “Análise de Dados

Qualitativos Suportada pelo Software webQDA,” in *VII Conferência Internacional de TIC na Educação: Perspetivas de Inovação*, 2011, pp. 49–56.

- [3] H. Fuks, A. B. Raposo, M. A. Gerosa, and C. J. P. Lucena, “Applying the 3c Model to Groupware Development,” *Int. J. Coop. Inf. Syst.*, vol. 14, no. 02n03, pp. 299–328, Jun. 2005.
- [4] C. Ellis, S. Gibbs, and G. Rein, “Groupware: Some Issues and Experiences,” *Commun. Acm*, vol. 34, no. 1, pp. 38–58, 1991.
- [5] A. P. Costa, M. J. Loureiro, and L. P. Reis, “Do Modelo 3C de Colaboração ao Modelo 4C: Modelo de Análise de Processos de Desenvolvimento de Software Educativo,” *Rev. Lusófona Educ.*, no. 27, pp. 181–200, 2014.
- [6] A. B. Raposo, L. P. Magalhães, I. L. M. Ricarte, and H. Fuks, “Coordination of collaborative activities: A framework for the definition of tasks interdependencies,” in *7th International Workshop on Groupware (CRIWG 2001)*, 2001, pp. 170–179.
- [7] I. R. McChesney and S. Gallagher, “Communication and co-ordination practices in software engineering projects,” *Inf. Softw. Technol.*, vol. 46, no. 7, pp. 473–489, Jun. 2004.
- [8] T. W. Malone and K. Crowston, “What is coordination theory and how can it help design cooperative work systems?,” *Proc. 1990 ACM Conf. Comput. Coop. Work - CSCW '90*, pp. 357–370, 1990.
- [9] C. Dillenbourg, P., Baker, M., Blaye, A., & O'Malley, “The Evolution of Research on Collaborative Learning,” in *Learning in humans and machines. Towards an interdisciplinary learning science*, 1995, pp. 189–211.
- [10] F. C. Serçe, K. Swigger, F. N. Alpaslan, R. Brazile, G. Dafoulas, and V. Lopez, “Online collaboration: Collaborative behavior patterns and factors affecting globally distributed team performance,” *Comput. Human Behav.*, pp. 1–14, 2010.
- [11] A. P. Costa, R. Linhares, and F. N. de Souza, “Possibilidades de Análise Qualitativa no webQDA e colaboração entre pesquisadores em educação em comunicação,” in *Infoinclusão e as possibilidades de ensinar e aprender*, R. Linhares, S. de L. Ferreira, and F. T. Borges, Eds. Universidade Tiradentes, Aracaju - Brasil: Editora da Universidade Federal da Bahia, 2014, pp. 205–215.
- [12] F. Neri de Souza, A. P. Costa, and A. Moreira, “Questionamento no Processo de Análise de Dados Qualitativos com apoio do software webQDA,” *EduSer Rev. Educ. Inovação em Educ. com TIC*, vol. 3, no. 1, pp. 19–30, 2011.
- [13] R. Bogdan and S. Biklen, *Investigação Qualitativa em Educação - Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora, 1994.

Information System to Manage the Evaluation of Performance of Education Professionals in a Pre-School – A Model in Development

Rita Sousa

Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL)
Lisboa, Portugal
ana_rita_sousa@iscte.pt

Abílio Oliveira

Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL), ISTAR-IUL
Lisboa, Portugal
abilio.oliveira@iscte.pt

Pedro Ramos

Instituto Universitário de Lisboa
(ISCTE-IUL), IT-IUL
Lisboa, Portugal
pedro.ramos@iscte.pt

Abstract — One of the most important issues nowadays is to prepare our children to create a better world in the future. This is an education issue that starts in the very beginning of their lives. How can day care centres and pre-schools contribute for this goal? Our children spend most of their first years in these institutions, and parents trust the teachers and other professionals of education to do a good job with their kids. In fact, the most important figures in this equation are the education professionals that work directly with the children. Having this in mind, one of these institutions' main concerns should be to have a clear view of what goes on in the workspace everyday between the professionals and the children.

The aim of this work is to propose a model for an information system that reports relevant information regarding the evaluation of education professionals. With this information, pre-school directors can have a much better understanding of what is going well, and what needs to be changed in the institution, in order to provide better care for the children.

Keywords – information system; education; children; day care centre; pre-school; performance evaluation.

I. INTRODUCTION

“Apart from the socialization process that early childhood centres and programmes allow to begin, there is evidence that children who receive early childhood education are more favourably disposed towards school and less likely to drop out prematurely than those who do not. Early schooling can contribute to equality of opportunity by helping overcome the initial handicaps of poverty or a disadvantaged social or cultural environment. It can help greatly in the integration into the school environment of children of immigrant families and those who come from minority cultural and linguistic groups. In addition, the availability of educational facilities for children of pre-school age makes it easier for women to participate in social and economic life” [1].

This UNESCO's report citation gives us an idea of the impact that an early education can have in our society. To improve this important assignment, a pre-school created an initiative for a performance evaluation system for its employees. At this first stage, and given the complexity of the task, there are some difficulties in the analysis and study of the performance evaluation data. To respond to this necessity, this

project is set to develop an information system (IS) that can help on this process, providing relevant information promptly, and allowing the directors to make informed decisions about the most problematic issues, in a way that they can mitigate or even solve them.

The main motivation in the development of this project stands on a desire to help a pre-school that has a great personal meaning to the author, since it was the first social environment where she grew up. A longstanding institution like this should be constantly evolving according to the new standards of education and technology. This project will help combining the two, using technology to improve the process of employees' performance evaluation. Being the first time that a process of performance evaluation is implemented in this institution, it's a big priority for all stakeholders, which will help immensely in getting their support and ultimately having a successful project. This will not only be an academically valuable project but will also have a practical value that can be adapted to other similar institutions in the future.

This work aims to generally improve the performance evaluation process in its various stages. Its main goals are:

- Make the process intuitive for everyone involved: evaluated professionals, evaluators and decision makers;
- Create evaluation forms promptly and in an easy way;
- Make evaluation forms easy to perceive and to fill for both evaluated and evaluators;
- Import all the evaluations' data to a single database in an instant;
- Be able to know which evaluations are finished and which are still missing for a given year;
- Search and view specific evaluations;
- View reports with relevant data regarding the evaluations' scores.

The methodological approach of this project starts with interviewing the institution's professionals and decision makers to understand how the process of performance evaluation

works, its requirements and its issues. This phase will help in the next step which consists in modelling the system through UML diagrams that meet the collected requirements. With these deliverables, after analysing carefully the list of requirements and problems to be solved, and modelling the system through UML diagrams, comes the development of the systems prototype that should be tested and approved by the stakeholders through all its phases.

In this paper the definition, scope and motivation of the project are described and its theoretical subjects are briefly discussed. Then the work that has already been developed will be synthetically presented with the mention of next steps to be taken.

II. THEORY

The main subjects in this project are education, early-childhood education, performance evaluation and information systems.

“In confronting the many challenges that the future holds in store, humankind sees in education an indispensable asset in its attempt to attain the ideals of peace, freedom and social justice. (...) The Commission does not see education as a miracle cure or a magic formula opening the door to a world in which all ideals will be attained, but as one of the principal means available to foster a deeper and more harmonious form of human development and thereby to reduce poverty, exclusion, ignorance, oppression and war. (...) Education is also an expression of affection for children and young people, whom we need to welcome into society, unreservedly offering them the place that is theirs by right therein – a place in the education system (...). The elementary duty needs to be constantly brought to mind, so that greater attention is paid to it, even when choosing between political, economic and financial options. In the words of a poet: ‘The Child is father of the Man’” [1].

As pointed out by the previous citation from UNESCO, education is one of the most important areas in personal and social development and it is constantly evolving. It’s a vital subject in improving our future society and the way we live in it because young people and children of today are the adults of tomorrow.

Early-childhood education is the beginning of a full life of learning and without it or with a weak one, all following phases can be greatly neglected. Nowadays, this impacts immensely the future quality of life of every family as referenced not only by the following citation but also by [2] and [3].

“Attitudes towards the sort of learning that will continue throughout life are formed in the family but also, more broadly, at the stage of basic education (which includes, in particular, pre-primary and primary schooling): it is there that the spark of creativity may either spring into life or be extinguished, and that access to knowledge may or may not become a reality. This is the time when we all acquire the instruments for the future development of our faculties of reason and imagination, our judgement and sense of responsibility, when we learn to be inquisitive about the world around us.” [1].

The performance evaluation of teachers is one of the measures that should be taken into account when aiming to improve the quality of education and the one in subject for this project as per the following citation.

“The importance of the quality of teaching, and therefore of teachers, cannot be overemphasized. It is at an early stage of basic education that the principal attitudes toward learning as well as the self-image of the learner are formed. The role of the teacher at this stage is crucial. (...) Improving the quality and motivation of teachers must be a priority in all countries. Some of the areas in which steps can be taken are listed here (...).

- Recruitment (...)
- Initial education (...)
- In-service training (...)
- Teacher educators (...)
- Supervision. Inspections should be an opportunity not only to check on teachers’ performance but to maintain a dialogue with teachers concerning developments in knowledge, methods and sources of information. Thought should be given to ways of identifying and rewarding good teaching. It is essential to carry out practical, consistent and regular measurements of what pupils have learned. Emphasis needs to be placed on learning outcomes and teachers’ roles in achieving those outcomes.
- Management (...)
- Participation by people from outside the teaching profession (...)
- Conditions of work (...)
- Teaching materials (...)” [1].

The positive outcomes of this measure in education has been the subject of several studies like [4] and [5]. “The estimates presented here provide evidence that subjective evaluation can spur growth in human capital that improves employee performance even after the evaluation period ends. (...) We demonstrate that, (...) experienced teachers provided with relatively detailed information on their performance improved substantially” [4].

Regarding the last topic: why use an IS for this issue? Using Karchner’s words: “A Content Management System allows content to be stored, retrieved, edited, updated, controlled, then output in a variety of ways such that the incremental cost of each update cycle and output production shrinks dramatically over time. It is a great concept” [6]. In today’s information era, where important contents need to be available to consult at a blink of an eye, an IS is the obvious choice. Therefore, by taking advantage of an IS, this project intends to facilitate the process of performance evaluation of the pre-school managing to save workload, time, and thus, also financial costs.

III. THE SYSTEM AND ITS REQUIREMENTS

In the requirement gathering phase, there were two main tasks: to define the composition of a performance evaluation and to understand what Key Performance Indicators (KPIs) should be measured and presented in the final reports.

Regarding the composition of the performance evaluations, each of them will have 3 types:

- Transversal, which will hold all questions regarding a set of skills that will apply to any professional category;
- Specific, which will hold all questions regarding each professional category specifically;
- Goals, which will hold all goals for each professional category specifically.

All transversal and specific type questions will have a scale of evaluation between 1 and 5 being that 1 corresponds to “Never” and 5 to “Always”. All goals will have 1 and 0 as possible values, corresponding to “Goal met” or “Goal not met” respectively.

The transversal evaluation will be divided in 6 different groups:

- Professional autonomy;
- Interpersonal relationship;
- Communication;
- Personal development;
- Discipline and work commitment;
- Change and innovation.

In this IS the user will be able to create all the necessary data in the database regarding the school year, class rooms, professionals and evaluations. After that, the user can ask the system to create an evaluation form in an Excel file that each evaluated professional should fill with their own assessment of the evaluation. Then the evaluator can fill the rest of the form with the evaluation itself. The user can then import the information of the evaluation form through the system to the database. There should also be a functionality that gives the user the possibility to view the list of evaluations that were not imported yet for a given year. This will be the usual flow in the system for all evaluations. In the end, the user can view a number of reports that were identified in the requirement analysis phase.

For a comprehensive representation of this system and its requirements, some diagrams were designed using Unified Modelling Language (UML) and its standard notation as in [7].

Fig. 1 represents the system’s requirements as described in this chapter.

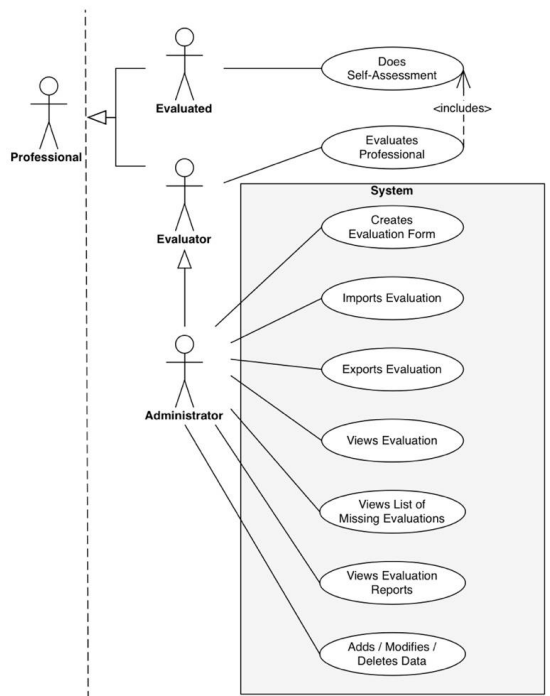


Figure 1 - Use Cases Diagram

The information stored in the system should include the following:

- The pre-school: school centre, school year and class rooms;
- The professionals: person, professional category and class room assigned to in a given year;
- The evaluations: evaluator, evaluated, school year, question and its type and group, final self-assessment grade and its date, final evaluation and its date, self-assessment and evaluation for each question.

In the conceptual classes diagram in Fig. 2 all information necessary is described in more detail. This diagram reflects the requirements of sequence diagrams that implement the use cases diagram in Fig. 1, according to the customary practices of UML in [7].

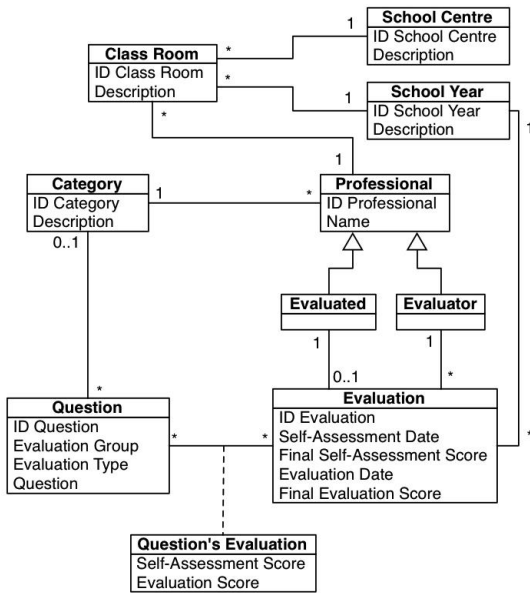


Figure 2 - Conceptual Classes Diagram

For the IS itself and its database, the class diagram was transposed to the relational schema below.

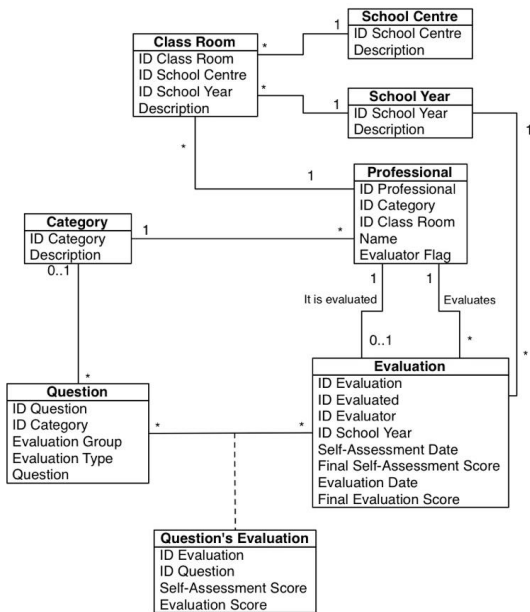


Figure 3 - Relational Schema

For the KPIs, there are 12 that were already captured during the stakeholders' interviews and they are all regarding each school year. They are the following:

- Average score of each question;
- Average score of each question per professional category;
- Average score of each question per class room;
- Average score of each evaluation group;
- Average score of each evaluation group per professional category;
- Average score of each evaluation group per class room;
- Average score of each evaluation type;
- Average score of each evaluation type per professional category;
- Average score of each evaluation type per class room;
- Number/percentage of evaluations with score below 3;
- Number/percentage of evaluations with above below 3;
- Discrepancy between professionals' self-assessment and the evaluation score.

These should be the KPIs that will ultimately help the decision makers understand the quality of their professionals and intervene with the necessary actions to improve the service provided by the pre-school.

IV. PROTOTYPE DEVELOPMENT

The prototype for this IS is being developed taking into consideration the diagrams outlined in the previous section. It will be implemented using Microsoft Excel, since it is a well-known and easy to access application for the end-users of the pre-school.

The main concern with this prototype is that it will be easy to use in the pre-school computers by any person with basic comprehension of a simple software. Given this, a user-friendly interface is essential, and for that to be achieved, Microsoft Excel forms and Microsoft Visual Basic for Applications will be used. This will also allow the prototype to search, store and modify the relevant data in the database and show it to the end-user.

For a better understanding of how the prototype will function Fig. 4 shows one of the forms in development, where the users can fill an evaluation. Also, an example of a possible chart with performance indicators is shown in Fig. 5 that can be placed in a report.

Category	Question	Self Assessment	Evaluation
Professional Autonomy	Question 1	3	3
	Question 2	4	3
Interpersonal Relationship	Question 1	4	5
	Question 2	5	5

Figure 4 - Evaluation Form Prototype

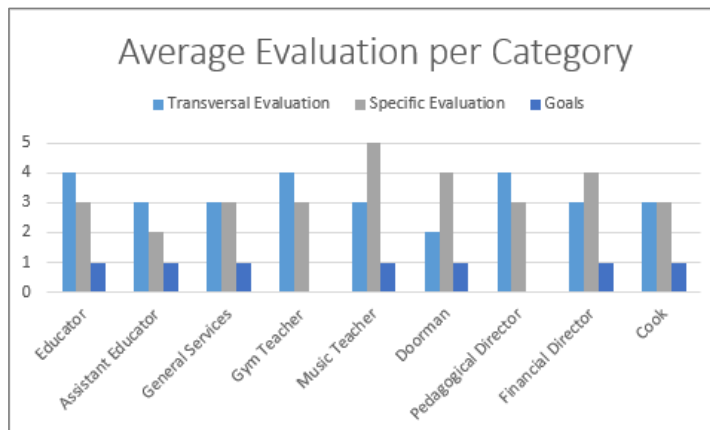


Figure 5 - Average Evaluation per Category Chart Example

V. BRIEF CONCLUSION

The intended result for this project is the development of an IS's prototype that supports the process of evaluation of performance of education professionals in the pre-school. This prototype has as its main goal to facilitate the assessment process of all professionals in the institution, so that it requires little manpower, little to no financial costs and also saving a considerable amount of time, and to give its users the power to understand the main gaps in their professional work, so that initiatives can be prepared.

So far, the requirements gathering and modelling of the IS phases are completed. Next steps include the implementation itself and a testing phase with the end users to detect possible improvements and have confirmation of the implemented requirements.

It should be noted that in this particular project, the prototype will be developed taking only in consideration the requirements of the pre-school in study, so it will be customized for this purpose. Any attempt to extend this work to other institutions can and should be made in other projects with a wider scope.

REFERENCES

- [1] J. Delors, et al., *Learning: The Treasure Within, Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-first Century*, 3rd ed. (Pocket edition), UNESCO Publishing, 2010, pp. 13-14, 115-116, 121, 146-148.
- [2] S. Loeb and D. Bassok, "Early childhood and the achievement gap", H.F. Ladd & E.B. Fiske (Eds.), *Handbook of Research in Education Finance and Policy*, Routledge Press, 2007, pp. 517-534.
- [3] W. S. Barnett, "Effectiveness of Early Educational Intervention", *Science*, vol 333, Issue 6045, August 2011, pp. 975-978.
- [4] E. S. Taylor and J. H. Tyler, "The effect of evaluation on teacher performance" *American Economic Review*, vol 102, Issue 7, December 2012, pp. 3649.
- [5] A. E. Wise, L. Darling-Hammond, H. Tyson-Bernstein, M. Wallin McLaughlin, "Teacher Evaluation: A Study of Effective Practices", Santa Monica, CA: RAND Corporation, 1984.
- [6] C. Karchner, "Content Management Systems: Getting from Concept to Reality", *Journal of Electronic Publishing*, vol 3, Issue 4, June 1998, pp. 2.
- [7] M. Nunes and H. O'Neill, *Fundamental de UML*, 4th ed., FCA – Editora de Informática, Lda, 2004.

Social Network Analysis to understand behaviour dynamics in online health communities

A systematic review

Rui E. V. Carvalho
Dept. of Informatics Engineering
Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
ruienvcarvalho@gmail.com

Carla Teixeira Lopes
INESC TEC and
DEI, Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
ctl@fe.up.pt

Abstract — Nowadays, online communities are becoming an important resource for health consumers who want to retrieve and share information about health subjects. These communities have the potential to influence patients' health behaviors and increase their engagement with therapies. However, the interaction dynamics in this type of media remains poorly understood what might hinder the development of strategies that facilitate and encourage participation. Social Network Analysis is a technique that tries to expose the hidden channels of communication and information flow, leading to a better understanding of how members relate to each other on online social network. In this study we do a systematic review of the literature regarding the apply this technique in the study of online health communities. We show that this type of studies is scarce and that, in this domain, Social Network Analysis is mainly applied to identify influential key members, as well as the most active members in terms of posting or answering questions.

Keywords - Social Network Analysis, health, online communities, forums, literature review.

I. INTRODUCTION

A. Online Health Communities

Nowadays, social networks, which involves a two-way and direct communication that includes sharing of information between several parties **Error! Reference source not found.**, have the potential to influence patients' health behaviors and increase their engagement with therapies [2]. Online Health Communities (OHC) are an example of a social network that puts in contact individuals with a shared goal or similar interest through a web application. Those groups include health consumers – patients, their family or friends – and might also include health professionals. Members can know each other from the “real world”, but the biggest strength of OHC is the possibility to bring together people from different contexts who wouldn't connect otherwise. Within OHCs, members can easily connect with each other using technologies such as blogs, chats, forums, and wikis [3,4].

It has been shown that patients who join OHC experience a significantly improved quality of life, and, most surprisingly, reduced pain levels [5]. Moreover, sharing information about diseases on OHC results in patient empowerment, contributing to the self-efficacy in the use of therapeutics [6].

One could think that the benefits come only from passively reading the forum's content. However, a study **Error! Reference source not found.** showed that posters received more benefits from online communities than lurkers did, including emotional support.

Medical professionals are a little more resistant when it comes to its advantages, being concerned with the misinformation that might be shared among patients. Some OHC use moderators, an external governance, such as health professionals, that moderate discussions and might improve the quality of the discussions. However, literature shows mixed perspectives toward the role of OHC moderators **Error! Reference source not found.**

B. The use of Social Network Analysis

Network analysts believe that the way that a person lives depends on how that individual is tied into the broader web of social connections. Many go further and believe that the success of societies and organizations might significantly depend on the patterning of their internal structure [8].

Social Network Analysis (SNA) allows the exposure of the hidden channels of communication, collaboration and disconnects between people in groups within a certain organization [9]. It helps to explore the types of relationships that will have some impact in terms of communication and learning, instead of focusing on individual members and relationships. SNA is commonly used in commercial organizations, in order to improve the effectiveness of decision making processes. However, many disciplines have been using it. Although still not having the biggest tradition in healthcare, it seems likely that the study of networks in this domain might be important, for example, in behavior-change interventions, where it can help to identify, target and support relationships that result in better uptake and use of knowledge [8,9].

It was found a systematic review [9] on the literature about the use of SNA in the healthcare domain. The approach is similar to this one, but it mostly addresses the context of physical physical – non-virtual – communities. Actually, only one of the mentioned studies is based on online platforms.

C. Motivation and aim

Due to the continuous spread of SNA into a large number of areas, researchers have developed several ways to identify

network effects [10]. This and the importance of the online health communities as structures of support and information exchange motivate this work. Through a systematic literature review on the use of SNA to analyze OHC behavior dynamics, we aim to contribute to a better understanding of the most popular approaches and methods. Besides that, understanding participation as a form of social performance can also enable us to design better systems, encouraging participation. With that in mind, this study is also a help to those who want to perform that analysis on health communities.

II. METHODS

A. Literature Review

A systematic search of 3 scientific online databases - ACM Digital Library, Pubmed and Engineering Village - was conducted at the end of December 2015. In every database we began with a query, to be searched in all fields, containing the terms “social network analysis”. Then, since our focus are OHC, we added the term “health” to the query. Since several of the papers found with this last query were related to non-online social networks, we decided to add the term “online”.

The number of papers found with these queries, in each system, is presented in Table I. It is interesting to note that, after introducing the term “health”, the number of retrieved papers is significantly lower. In the ACM Digital Library and Engineering Village, only 4,4% and 3,2%, respectively, of the studies regarding SNA address health networks. PubMed showed a smaller reduction, which is explained by the fact that the database mainly retrieves medical and health care studies.

TABLE I. NUMBER OF ARTICLES FOUND PER QUERY/DATABASE

	ACM	PubMed	EV
“social network analysis”	1125	726	6695
“social network analysis” health	49	401	213
“social network analysis” health online	12	24	128

After excluding 6 duplicates, we analyzed the titles and abstracts of the remaining 158 articles. To be eligible for this study, articles had to: (1) have the full-text available in the Faculty of Engineering network and (2) describe and report the results of SNA of an online health-related social network. This analysis reduced the list of eligible studies to 24 elements.

After full-text screening, 11 papers were excluded, reducing the list of eligible studies to 13. Most of the papers were excluded because they used techniques other than SNA. Several works used content analysis or text mining techniques as their main analysis methodology. Articles analyzing non-virtual social networks with online surveys, instead of analyzing online social networks, were also excluded.

III. SOCIAL NETWORK ANALYSIS

A. Definition

The Social Network Analysis (SNA) builds on the principles of graph theory to study the relations between actors, and how they influence the overall network. SNA represents communication in terms of *nodes* (which represent actors/members), and *edges* or *arcs* (which represent communication ties). Whereas traditional statistical analysis focuses on actors and their personal attributes, SNA focuses on

the structures that emerge out of the relations between actors [11,12,13,14].

B. Types of networks

Social networks can be represented as 1- or 2-mode networks. In 1-mode networks, the nodes are homogeneous, belonging all to the same class. This is the traditional network layout, in which nodes represent people and ties represent some sort of social construct that connects them: advice, friendship, work. 2-mode networks contain two different classes of nodes, and ties exist only from one mode to another. The classes of nodes can represent: members of the online social network platform and the threads they communicate on. The edges would indicate that a specific member has communicated on a specific thread. Because many SNA methods are designed for 1-mode networks, a transformation of the 2-mode network is sometimes necessary [11,12].

C. Concepts

Many SNA concepts will be referred throughout this article, so a brief introduction to their meaning is presented here. Definitions are based on the ones presented in other papers [13,14].

Assortativity – Preference for a network's nodes to attach to similar nodes. “A certain feature is *assortative* in a network if the probability that an arc exists between two nodes having this feature is greater than the probability that an arc exists between two generic nodes” [15].

Betweenness – Reflects the number of members to whom a member is indirectly connecting through their direct links, taking into account the connectivity of the node's neighbors and giving a higher value for nodes which bridge clusters. A node is central if it is used as a path between other nodes.

Bridge - An edge that, if deleted, would cause its endpoints to lie in different components of a graph.

Centralization – A centralized network will “have many of its links dispersed around one or a few nodes”, while “in a decentralized one there is little variation between the number of links each node has” [14].

Closeness – Reflects the ability of a node to access information through the other network members. An actor is considered central if he can reach all the other nodes in the fewest possible steps.

Clustering coefficient – Measures the likelihood that two links of a node are themselves linked.

Cohesion – “The degree to which actors are directly connected to each other by cohesive bonds” [14].

Core-periphery – A structure of a network in which some nodes are part of a densely connected core and some are part of a sparsely connected periphery.

Degree centrality – It is calculated by the number of ties an actor (node) has to other actors in the network. For the 2-mode networks mentioned throughout this article, this will be the number of threads each actor communicates on, or the number of participants each thread has.

Density – Individual-level density is the degree in which a respondent's ties know one another proportion of ties among an individual's nominees. Global-level density is the proportion of ties in a network relative to the total number of possible ties.

Diameter – It is the shortest distance between the two most distant nodes in the network.

Eigen-centrality – Takes into account the importance of a node in a network, assigning relative scores/weights to all nodes. Assumes “that connections to high-scoring nodes contribute more to the score of the node in question than equal connections to low-scoring nodes” [14].

Key players – Actors with high levels of connection to the entire community.

Path length – The distances between pairs of nodes in the network. Average path-length is the average of these distances between all pairs of nodes.

Structural cohesion – The minimum number of members who, if removed from a group, would disconnect the group.

IV. EXAMINATION OF PAPERS

The discussion of the different articles reviewed is divided in three sections. The first one, *Communities of health practitioners*, describes articles that applied SNA techniques to study platforms for information sharing health practitioners [11, 12, 16]. The second section, entitled *Comparison between different communities*, reports works that compare communities either in similar or different online social network platforms [17, 18, 19]. Finally, the *Analysis of Social Networks* section examines articles that analyzed the structure of the social networks per se, not through a perspective of information exchange between practitioners [20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27].

A. *Communities of health practitioners*

In 2012, Stewart and Abidi [11] analyzed the communication patterns of an online discussion forum for pediatric pain practitioners. They wanted to understand the participation behaviors across different institutions and occupations; identify relationships between reading and posting on discussion threads; identify the most active and influential members of the community; find a central group of community members. The forum was represented in two different ways: a 2-mode network, where the two classes of nodes are the forum members and the threads they communicate on; an undirected 1-mode network in which a tie between 2 members indicates they have communicated on a thread, being the value of the tie the number of threads they have both communicated on.

In terms of methodology, authors conducted *Kruskal-Wallis* tests to compare reading and posting activities between institutions and occupations. Centrality measures were used to identify the most active and influential members. *Core-periphery* analysis was used to identify the members and threads that are at the center of the 1 and 2-mode networks, respectively. Group centrality analysis was used to explore the interactions between group members in order to determine how different types of professionals, or professionals from different institutions, interact as a community [11].

A different study, conducted by Curran & Abidi [16], used SNA to measure the effectiveness of a discussion forum in terms of the knowledge seeking and sharing patterns of urban and rural emergency department practitioners.

In order to do so, two 1-mode graphs were established: one of them refers to the activity of information seeking, in which the *out-edges* are information requests and the *in-edges* are the nodes that provided the information; the other graph regarding the activity of information sharing, in which the *out-edges* are information share, and the *in-edges* are information received. The density of a binary network reflects the percentage of all possible ties that are actually present in the network, providing an indication of the rate at which information diffuses through the nodes. A density ANOVA using the Structural Blockmodel was run to look for differences in interaction patterns [16].

While the first article applies the 3 main centrality measures in order to identify actors who are in favorable or prestigious positions, the second article uses Freeman's Degree Centrality Measure to identify the out-degree (influence) and in-degree (prestige) points for both networks.

Another study, also from the authors Stewart and Abidi [12], explored the knowledge sharing between health practitioners with SNA in a way similar to the one used in the previous studies. Their goal was to evaluate the communication patterns in the Pediatric Pain Mailing List, identifying content experts and isolating potential subgroups of interest.

As in the previous referred articles, 2-mode and 1-mode networks were established. Firstly, authors identified the most active members of the mailing list using centrality measures - degree, betweenness and closeness. Then, they identify nodes that occupy similar roles within the network through an analysis of structural equivalence. A blockmodel was used to partition the network into exclusive, non-overlapping groups, such that nodes are approximately structural equivalent [12].

B. *Comparison between different communities*

Chuang and Yang [17] evaluated the transfer of social support in three different online communication formats (forum, journal, notes). For each one of the three computer-mediated communication platforms, two graphs were established in order to differentiate informational and nurturant networks (6 in total). Each node in the six networks was clustered into one of four partitions (isolates, transmit, receiver, carriers) to compare the selections using the blockmodel [17].

SNA was also used by Chomutare, Arsand and Hartvigsen [18] to explore the temporal nature of two large diabetes social networks and compare them with two other non-healthcare social networks: *Slashdot* and *Facebook*. The crawled datasets for each forum were partitioned into periodical sub-datasets.

Firstly, a greedy optimization algorithm was applied to analyze the existent community structures from time-sliced partitions of networks. Then, a similarity analysis, using the *Jaccard* coefficient, was done in order to compare the similarity of the node composition in the network along different periods. During those periods, the clustering coefficient, network diameter, characteristic path length, and average neighbors were analyzed and compared with the two

non-health social networks. Finally, a community cohesion analysis tried to understand the bonding factors between actors. Several types of attributes such as years-since-diagnosis, type-of-diabetes, age and gender, were evaluated. Additional network measures were analyzed: degree assortativity and/or homophily network diameter, network density and average degree [18].

Zhang and Yang [19] compared user behaviors between two communication channels on smoking cessation and abstinence - *QuitNet Forum* and *QuitNet Facebook*. Authors combined SNA and user response immediacy results to identify the differences between channels in terms of their social network structures and actor centralities, and also the difference in user's response immediacy.

To design the graphs, two undirected social networks were built based on the data of both communities. In the network, users were represented as actors (nodes), and the ties connecting them represent the participation in the same post at least once. The number of posts in which both users participated is the tie weight.

The degree centrality, core/periphery structure, density and network centralization were analyzed for both social networks. The authors introduced another metric - the average response time - to represent the mean value of the time taken by a user to make his first comment on the posts he commented [19].

C. Analysis of Social Network

Durant, McCray and Safran [20] aimed to verify the hypothesis that, on an Online Melanoma Discussion Group, users posting questions on Interleukin-2 (IL-2), a treatment prescribed to patients with a more advanced degree of melanoma, receive a stronger response from the Network. After data was extracted from the web, the users were assigned to one of five different user *types*, defined at their member profile: *caregiver*, *patient*, *survivor*, *doctor/nurse* and *member*.

The nodes of the graph represent the members of the forum, and arcs represent the directed communication - from the answerer to the questioner - between them. Then, a sub-network was defined identifying - by the presence of some terms - the threads, posts and users that have discussed a specific theme (IL-2) within the general network.

The authors differentiate the networks by comparing: the density, the arc weights, the node weights, the initial user action (pose or answer a question) and the effect of user type on activity level and on membership duration in both networks.

A quantification of the response provided by both networks to its members was also made, using the additional metrics: the average length of a thread (measured in the number of responses), the average number of days the thread is active (from question posted to last response) and the percentage of unanswered questions. Also, a hub/authority analysis was performed, analyzing the degree centrality in order to identify the influential producers and the consumers whose needs have a higher probability of being satisfied [20].

A study from Dias, Chomutare and Botsis [21] also used SNA techniques to detect user communities in a diabetes health

forum, identify the key actors in the network topology and their particular role in the top user communities.

To create the 2-mode graph, users and topics were considered the two classes of nodes of the first and the second mode of the network, respectively. Then, the 2-mode was converted into a 1-mode undirected network, as explained in a previous article [11]. To identify the key actors in the original network, closeness and degree centrality measures were used. To assess the network communities, four standard community detection algorithms were used: the Greedy Optimization, the Affinity Propagation, the Connected Components Cluster, and the Mcode algorithm. The number and size of clusters, and a measure of the connectedness between the communities (modularity), were calculated per algorithm. The authors also evaluated if the key actors of the original network also appeared in the top community for each algorithm used [21].

Cobb, Graham and Abrams [22] adhered to the traditional formal network methods and analytics to characterize the *QuitNet Forum* - which was already mentioned, in the context of Zhang and Yang's study [19] - social network and its participants, describe its structure and identify subgroups, from connections and communication patterns.

The collected data resulted in a large dataset so 5 subsets of participants were delineated. Firstly, 2 subsets of the graph that were connected with a relatively small diameter were identified, resulting in a *strongly connected core*, constituted by "individuals connected by buddy nominations plus observed communications"; and a *densely connected core*, constituted by "individuals connected by symmetric buddy nominations plus a minimum of 5 communications with at least 1 buddy during the observation period". After that, 3 additional subgroups were delineated: a group of new registrants from the initial 4-week period (newcomers), their alters (actors with a tie to another actor of interest, known as an ego), and key players.

Centrality measures (degree, betweenness), network density and core-periphery analysis were the metrics used to compare and/or characterize the network and derived sub-networks [22].

A Twitter based online community was analyzed by Gruz and Haythornthwaite [23]. SNA was used to examine structures in a 1-month sample of Twitter messages with the hashtag "#hcsma". The connection between members in the network is implied if a user was mentioned by, replied to, or had a post retweeted by other user. The study was driven in order to evaluate the factors influencing the longevity of the community, its general composition and the importance of a user's professional role on his centrality within the community.

After the representation of the 1-mode network, three social network measures were used to locate influential individual: the total number of posted messages; the number of times that a user's @username is used by another user, representing the in-degree centrality; the number of times a user refers another user's @username, representing the out-degree centrality.

An analysis of variance density test, using the Structural Blockmodel and the Variable Homophily model, was made to verify if different classes of users' professional roles have different interaction patterns and if each class of actors has a different tendency to connect based on social similarity [23].

SNA was also done by Rice, Tulber, Cederbaum, Barman and Milburn [24] to examine the behavior of homeless youth regarding their participation in an online social networking HIV prevention program and which peer leaders were the most essential to the program. The online youth network was defined by two graphs of data extracted from the information about users who ‘friended’ the program’s *Facebook* and *MySpace* profiles. The authors made use of the *common friends* functionality to create a set of mutual ties among the participants for each platform. The size and density of the network, as well as centrality measures such as centrality-degree, centrality-betweenness and eigen-centrality, were calculated for each network. Also, two homophily measures, based on the percent of ties of the same gender and percent of ties of similar age, were created for each person [24].

A recent study from Zhang and Yang [25] aimed to understand the social support exchange patterns and user behaviors of an online smoking cessation intervention program. The content of the messages was analyzed to identify the types of social support given. Then, the data of the social support givers and receivers was extracted from the forum and the exchange support pattern was analyzed. Network analysis and statistical analysis were used to build user interaction models.

Quit status was considered in the network structure and interactions between users at different quit stages were explored. For each one of the social support types (informational and nurturant support), a directed - from the support giver to the receiver - social network was developed. As usual, users are represented as nodes and ties the connection between two nodes. The value of the tie indicates the number of support exchanges between the two users in different threads. By comparing these two social networks, the exchange patterns of different types of social support were investigated using network exposure and blockmodel based on quit stages. Nodes structural equivalence was also analyzed [25].

Bhattacharya, Srinivasan and Polgreen [26] intended to investigate engagement with health agencies, expressed by retweeting, identifying which *handle-level* and *tweet-level* features could influence levels and time span of retweeting. The analysis of some of the *handle-level* features - “network centrality, tweet count, numbers of followers, following, and favorites” - was done with SNA measures. Thus, each account’s network was represented by a directed graph in terms of nodes “following” a node (in-degree), and nodes “followed” by a node (out-degree). Betweenness-centrality was the measure used to calculate the importance of a node in its network. Negative binomial hurdle regression models and Cox proportional hazards models were used to determine if the *handle-* and *tweet-level* features correlate with the number of retweets, and with the time to the first and last retweets, respectively [26].

One other study, conducted by Weitzel, Quaresma and Oliveira [27], aimed to provide a framework to help users evaluate the content of health webpages. Thereby, a measure of *Trust*, calculated by a formula that contemplates *quality indicators value* (the mean of the values assigned to a set of ten quality indicators) and *reputation*, was purposed.

Reputation is calculated with a formula described as a “linear combination of centrality measures - betweenness, closeness, PageRank, and eigen-vector - with associated weights”. A formula to the edges weight’s calculus is also purposed. As proof of concept of the *reputation* calculus, a RT-network, based on retweeted (RT) posts from users who address health subjects, was modeled as a directed graph, where nodes represent users and edges represent a retweet relationship, from the *retweeter* to the *retweeted*. The purposed formulas were then applied to the network [27].

V. CLASSIFICATION OF ARTICLES BY USED METRICS

The review of the different articles showed differences when it comes to their methodologies. Table II summarizes the different types of analysis that are usually conducted, the metrics used for that purpose and the papers that do so.

TABLE II. CLASSIFICATION OF PAPERS BY GOALS AND USED METRICS

Objective		Metric/Method Used	Articles
Identify influential/key members	Centrality Measures	Degree centrality (in/out)	[11,12,16,19-24,26]
		Betweenness centrality	[11,12,21,22,24,26,27]
		Closeness centrality	[11,12,21,27]
	Group centrality measures	[11]	
	Coreness	[11]	
	<i>Eigen</i> centrality	[24,27]	
Measure the extent to which an actor is exposed to neighbors with a specific behavioral attribute	Network exposure analysis - the nodes relations based on attributes	[25]	
Measure the extent to which nodes of similar degree cluster together	Degree Assortativity	[18]	
Measure the extent to which two nodes are connected to the same other	Structural equivalence	[12,25]	
Characterize Network	Assess basic network characteristics	Density	[12,16,18,19,20,22,24]
		Arc weights, Node weights, Size	[11,12,16-27]
		Diameter	[19,22]
	Assess more advanced network characteristics	Clustering coefficient	[18]
		Characteristic path length	[18]
Average neighbors	[18]		
Determinate user type/group influence	<i>Kruskall Wallis</i> test - Analysis of variance comparing degree centrality by type or group	[11,20,23]	
Show different interaction patterns between different groups	Structural Blockmodel	[12,16,17,23,25]	
Evaluate tendency for connection based on social similarity	Variable Homophily model	[23]	
Assess other general characteristics	Average length of a thread	[11,20]	
	Average number of days the thread is active	[11,20]	
	Percentage of unanswered questions	[11,20]	
Detect communities, number of clusters, average size clusters, max and min size clusters, modularity, number of top 20 nodes in top	Greedy Optimization	[19,21]	
	Affinity Propagation	[21]	
	Connected Components Cluster	[21]	

Objective	Metric/Method Used	Articles
clusters	Mcode	[21]
Evaluate Community similarity	Jaccard index	[18]
Find a central group of community members	Core-periphery analysis	[11,19,22]

It is possible to observe that most of the studies aim to identify influential/key members. Exploring different interaction patterns between different groups is another frequently explored topic. Also, characterizing the network in terms of nodes and arcs weight, as well as in the density and size of the networks is commonly done. Only a few studies perform a clustering and homophily analysis.

VI. CONCLUSIONS

This literature review showed that there are few studies that make use of the Social Network Analysis (i.e. graph detection) as a singular technique to analyze an online health community. It is typically combined with additional metrics and/or tools that hold higher-level analytics such as content analysis tools.

We found that a common methodology among researchers conducting SNA on online health communities is to analyze the network in terms of density, weight of arcs and nodes, and apply typical centrality measures. This suggests that, in this domain, SNA is mainly applied to identify influential key members, as well as the most active members in terms of posting or answering questions. The exploration of different interaction patterns between different groups of the network, typically applying the structure blockmodel technique, is also a frequent subject of study. In addition, this review summarizes the main goals of the analysis and the main used metrics.

To conclude, it should also be noted that the number of studies regarding Social Network Analysis to communities in the health domain was significantly higher when addressing physical – non-virtual – communities.

ACKNOWLEDGMENT

This work is funded by the project "NORTE-01-0145-FEDER-000016", financed by the North Portugal Regional Operational Programme (NORTE 2020), under the PORTUGAL 2020 Partnership Agreement, and through the European Regional Development Fund (ERDF).

REFERENCES

- [1] Moorhead SA, Hazlett DE, Harrison L, Carroll JK, Irwin A, Hoving C. A new dimension of health care: systematic review of the uses, benefits, and limitations of social media for health communication. *J Med Internet Res*. 2013;15(4):e85. doi:10.2196/jmir.1933.
- [2] Balatsoukas P, Kennedy CM, Buchan I, Powell J, Ainsworth J. The Role of Social Network Technologies in Online Health Promotion: A Narrative Review of Theoretical and Empirical Factors Influencing Intervention Effectiveness. *J Med Internet Res*. 2015;17(6):e141. doi:10.2196/jmir.3662.
- [3] van der Eijk M, Faber MJ, Aarts JWM, Kremer JAM, Munneke M, Bloem BR. Using online health communities to deliver patient-centered care to people with chronic conditions. *J Med Internet Res*. 2013;15(6):e115. doi:10.2196/jmir.2476.
- [4] J. GP, Moly L, Marguerite E, et al. The Effect of Group Psychosocial Support on Survival in Metastatic Breast Cancer. *N Engl J Med*. 2001;345(24):1719-1726. doi:10.1056/NEJMoa011871.

- [5] van Berkel JJ, Lambouij MS, Hegger I. Empowerment of patients in online discussions about medicine use. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2015;15(1):1-9. doi:10.1186/s12911-015-0146-6.
- [6] Setoyama Y, Yamazaki Y, Namayama K. Benefits of peer support in online Japanese breast cancer communities: differences between lurkers and posters. *J Med Internet Res*. 2011;13(4):e122. doi:10.2196/jmir.1696.
- [7] Huh J. Clinical Questions in Online Health Communities: The Case of "See your doctor" Threads. *CSCW Proc Conf Comput Coop Work Conf Comput Coop Work*. 2015;2015:1488-1499. doi:10.1145/2675133.2675259.
- [8] Freeman L. What is Social Network Analysis? *INSNA*. <http://www.insna.org/>. Accessed December 16, 2015.
- [9] Chambers D, Wilson P, Thompson C, Harden M. Social Network Analysis in Healthcare Settings: A Systematic Scoping Review. *PLoS One*. 2012;7(8):1-10. doi:10.1371/journal.pone.0041911.
- [10] Mizruchi MS, Neuman EJ. The effect of density on the level of bias in the network autocorrelation model. *Soc Networks*. 2008;30(3):190-200. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.socnet.2008.02.002.
- [11] Stewart SA, Abidi SSR. Applying social network analysis to understand the knowledge sharing behaviour of practitioners in a clinical online discussion forum. *J Med Internet Res*. 2012;14(6):e170. doi:10.2196/jmir.1982.
- [12] Stewart SA, Abidi SSR. Understanding Medicine 2.0 - Social Network Analysis and the VECOn System. In: Traver V, Fred ALN, Filipe J, Gamboa H, eds. *HEALTHINF*. SciTePress; 2011:70-79.
- [13] Hanneman RA, Riddle M. *Introduction to Social Network Methods*. Riverside, CA: University of California, Riverside; 2005. <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/>. Accessed December 30, 2015.
- [14] Passmore DL. *Social network analysis: Theory and applications*.; 2011. http://train.ed.psu.edu/WFED-543/SocNet_TheoryApp.pdf. Accessed December 30, 2016.
- [15] Buccafurri F, Lax G, Nocera A. A New Form of Assortativity in Online Social Networks. *Int J Hum-Comput Stud*. 2015;80(C):56-65. doi:10.1016/j.ijhcs.2015.03.006.
- [16] Curran J, Abidi SSR. Evaluation of a discussion forum for knowledge sharing among emergency practitioners: a social network approach. *Stud Health Technol Inform*. 2006;124:941-946.
- [17] Chuang KY, Yang CC. How Do e-Patients Connect Online? A Study of Social Support Roles in Health Social Networking. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Social Computing, Behavioral-Cultural Modeling and Prediction*. SBP'13. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 2013:193-200. doi:10.1007/978-3-642-37210-0_21.
- [18] Chomutare T, Arsand E, Hartvigsen G. Characterizing development patterns of health-care social networks. *New Model Anal Heal Informatics Bioinforma*. 2013;2(3):147-157. doi:10.1007/s13721-013-0033-y.
- [19] Zhang M, Yang CC. The differences of user behavior between forum and Facebook for smoking cessation intervention. *Proc Am Soc Inf Sci Technol*. 2012;49(1):1-3. doi: 10.1002/meet.14504901382
- [20] Durant KT, McCray AT, Safran C. Social Network Analysis of an Online Melanoma Discussion Group. *Summit on Translational Bioinformatics*. 2010;2010:6-10.
- [21] Dias A, Chomutare T, Botsis T. Exploring the community structure of a diabetes forum. *Stud Health Technol Inform*. 2012;180:833-837.
- [22] Cobb NK, Graham AL, Abrams DB. Social network structure of a large online community for smoking cessation. *Am J Public Health*. 2010;100(7):1282-1289. doi:10.2105/AJPH.2009.165449.
- [23] Gruz A, Haythornthwaite C. Enabling community through social media. *J Med Internet Res*. 2013;15(10):e248. doi:10.2196/jmir.2796.
- [24] Rice E, Tulbert E, Cederbaum J, Barman Adhikari A, Milburn NG. Mobilizing homeless youth for HIV prevention: a social network analysis of the acceptability of a face-to-face and online social networking intervention. *Health Educ Res*. 2012;27(2):226-236.
- [25] Zhang M, Yang CC. Using content and network analysis to understand the social support exchange patterns and user behaviors of an online smoking cessation intervention program. *J Assoc Inf Sci Technol*. 2015;66(3):564-575. doi:10.1002/asi.23189.

[26] Bhattacharya S, Srinivasan P, Polgreen P. Engagement with health agencies on twitter. *PLoS One*. 2014;9(11):e112235. doi:10.1371/journal.pone.0112235.

[27] Weitzel L, Quaresma P, d. Oliveira JPM. Evaluating Quality of Health Information Sources. In: *2012 IEEE 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*. ; 2012:655-662. doi:10.1109/AINA.2012.41.

Estimativa de Software baseada em BPMN Activity Points

Software Measurebased on BPMN Activity Points

Luiza Barcelos Gualberto Gomes
e Pedro Porfírio Muniz Farias
e Adriano Bessa Albuquerque

Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada
UNIFOR – Universidade de Fortaleza
Av. Washington Soares, 1321 J-30
Fortaleza – Ceará
luizab2g@gmail.com e {porfirio, adrianoba}@unifor.br

Adriana Herden

Departamento de Informática – UTFPR
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Avenida Sete de Setembro, 3165, Rebouças
Curitiba – Paraná
herden@utfpr.edu.br

Resumo — A utilização da BPMN tem sido ampliada para além dos sistemas de workflow e da arquitetura orientada a serviços. Metodologias de desenvolvimento tem sido propostas utilizando BPMN para detalhar casos de uso, para especificar o fluxo de atividades que compõe cada cenário de sistemas de uso geral e para execução de processos de negócios com serviços web. Este artigo propõe uma métrica para estimar o tamanho do software, denominada BPMN Activity Points, baseada na contagem de atividades sob três diferentes perspectivas, nos quais essas contagens são progressivamente detalhadas e refinadas.

Palavras Chave - BPMN, estimativa, tamanho de software.

Abstract — BPMN usage has been extended beyond the workflow systems and service-oriented architecture. Development methodologies have been proposed using BPMN to describe use cases, to specify the activities flow that forms each scenario of general purpose systems and business process execution with web services. This article proposes a metric to estimate software size, called BPMN Activity Points based on activities counting from three different perspectives, in which these scores are increasingly detailed and refined.

Keywords - BPMN, metric to estimate, software size.

I. INTRODUÇÃO

A versão 2 da Business Process Model and Notation (BPMN) foi padronizada pela OMG em 2011 [4]. Desde então, tem tido crescente aceitação e sido suportada por um progressivo número de ferramentas de modelagem e desenvolvimento de software. A BPMN tem sido utilizada tanto para modelar processo de negócio e para especificar a integração de sistemas sob a Arquitetura SOA (Service Oriented Architecture), como também para modelar o fluxo de atividades presentes nos sistemas de informação.

Dias (2012) [15], esclarece que diferente da Linguagem de Modelagem Unificada (UML), mais direcionada para arquitetos e engenheiros de software, criada para padronização de modelagem e agilidade no desenvolvimento de sistemas, o BPMN promove o gerenciamento, mapeamento e redesenho de processos de negócios.

Propostas recentes tem sido elaboradas no sentido de utilizar os processos de negócio representados em BPMN como fio condutor de metodologias de desenvolvimento de software. Por exemplo, Herden et. al (2014) [1], Herden et. al (2015) [2], sugerem que, cada caso de uso do sistema seja detalhado como fluxos de atividades modelados em BPMN.

Uma vez que, tem desenvolvimento ou aquisição de software é necessário um estudo de viabilidade, composto por estimativas. Nesse contexto, o presente artigo propõe uma métrica de tamanho de software denominada BPMN Activity Points (BPMN-AP) ou, mais concisamente, Activity Points, baseada na contagem das atividades que compõe os processos de negócio, de acordo com a notação BPMN.

A partir das estimativas de tamanho são derivadas as estimativas de prazo, esforço e custo de desenvolvimento. As estimativas de tamanho são realizadas, principalmente, em três fases do projeto: no início do projeto, ao final da especificação dos requisitos e ao final do projeto.

Este artigo está organizado em seis seções, incluindo a introdução. A seção II descreve a notação BPMN, enquanto a seção III apresenta as métricas consolidadas de contagem de tamanho de projetos de desenvolvimento: Pontos de Função - Function Point (PF), a UCP Use Case Points (Pontos por Caso de Uso) e a Common Software Measurement International Consortium - Full Function Points (COSMIC FFP). Já a seção IV, os estudos de contagem de processo relacionados a esse trabalho. A seção V define o BPMN-AP e detalha seu processo de aplicação, por atividade, proposta nesse artigo. E finalmente, a seção VI apresenta as conclusões deste trabalho.

II. BUSINESS PROCESS MODEL AND NOTATION - BPMN

A BPMN é uma notação gráfica de modelagem e orquestração de processos de negócio, semelhante a fluxogramas e diagramas de atividades da UML. A sua modelagem é representada por diagramas, fazendo uso de elementos gráficos, dentre eles: a atividade, o gateway e o evento, conforme Fig. 1:



Figure 1. Elementos BPMN [4]

A atividade é termo genérico para um trabalho a ser executado; já o gateway é o controlador que converge ou diverge a sequência de um fluxo; e o evento é algo que acontece durante o processo de negócio e podendo alterar o comportamento do fluxo [4].

Segundo a BPMN [4], a atividade pode ser atômica, correspondendo a uma ação no processo, nomeada como tarefa; ou composta, sendo formada por uma série de outras atividades, compondo um fluxo. Essa tarefa pode ser dividida em sete tipos, consoante sua natureza de ação: envio (mensagem); recebimento (mensagem); usuário (suporte de uma aplicação); manual (fora da aplicação); regra de negócio (que define ou restringe algo); serviço (comunicação do motor de processo com webservices); script (interpretado pelo motor de processo).

Os Gateways também possuem 07 diferentes tipos: exclusivo; baseado em evento; paralelo; inclusivo; complexo; exclusivo baseado em evento; e paralelo baseado em evento. Já os eventos, categorizados em 13, são organizados em três tipos, eventos de início, intermediário e de fim, em concordância com o ponto do processo onde ocorrem [4].

Além dos elementos abordados, os conectores do fluxo são vitais para orquestração do processo, ligando atividades à eventos e gateways [4]. Pela BPMN 2.0 [4], os conectores se apresentam de três formas: fluxo de sequência, fluxo padrão e fluxo condicional, sendo exibidos como setas.

Em se tratando de Dados, o padrão define: Entrada de Dados; Saída de Dados; Objeto de Dados (informação que trafega no processo); Coleção de Objeto de Dados; Banco de Dados; e Mensagem. E finalmente, esses elementos devem ser modelados entre as piscinas e raias do processo, que representam responsabilidades para as atividades, podendo ser uma organização, um papel, ou um sistema. Além disso, as raias subdividem as piscinas ou outras raias hierarquicamente [4].

III. TÉCNICAS DE ESTIMATIVA DE TAMANHO DE SOFTWARE

A estimativa de tamanho de software faz parte das melhores práticas para desenvolvimento e manutenção de produtos do CMMI - Capability Maturity Model Integration [9]. No nível 2 do CMMI denominado Processo de Gestão, possui como uma de suas políticas a "Medição e Análise", que em sua categoria de medição de informação, objetiva estabelecer o tamanho e o esforço de produtos e serviços, destacando a importância de estudos nessa área.

A. Pontos de Função

Uma das técnicas amplamente utilizada no mercado, desenvolvida por Allan Albrecht, pesquisador da IBM, é a APF (Function Point Analysis - Análise de Pontos de Função). A APF realiza a medição das funcionalidades fornecidas por um software do ponto de vista de seus usuários, em 03 diferentes fases do processo, sendo baseada na contagem das funções de dados (ALI - Arquivo Lógico Interno e AIE - Arquivo Lógico

Externo) e funções de transação (EE - Entrada Externa, CE - Consulta Externa e SE - Saída Externa), conforme BFPUG [5].

De acordo com Paro (2005) [8], a APF possui vantagens de utilização, visto que, independe de tecnologia; normaliza a comparação de sistemas; gera estimativas de tamanho, esforço e recursos necessários. Dentre as desvantagens, têm-se a necessidade de experiência com a métrica; a dificuldade de automatização do processo de contagem; alto nível de detalhes para a contagem precisa das funções de dados e de transação.

B. Pontos por Caso de Uso

Outra abordagem de medição utilizada no mercado para cálculo de estimativas de tamanho de softwares é a UCP (Use Case Points), orientada a objeto, proposta por Karner (1993) [12]. Tal abordagem é baseada no conceito de casos de uso, no qual se captura as necessidades ou requisitos segundo a visão e o uso do usuário. Requisitos esses que, relacionam "Atores", agentes externos (pessoa ou sistema), ou ainda, um papel que um ser humano, outro processo, sistema ou hardware representam, à um conjunto de atividades atômicas ou fluxo de eventos denominados "Transações."

De acordo COCOMO (2000) [10], a UCP é simples e de fácil utilização, mas não possui padrão de medição. Segundo Hazan (2015) [6], podem ocorrer diferentes medições de acordo com a granularidade na escrita dos casos de uso. Além de considerar que, quando a documentação não é atualizada ou não existe, inviabiliza-se a medição de forma correta. Por fim, menciona que os fatores ambientais são subjetivos, diversificando em cada organização, tornando o tamanho do projeto variável, a partir das mesmas funcionalidades.

C. COSMIC FFP

A técnica Common Software Measurement International Consortium - Full Function Points (COSMIC FFP), segundo Hazan (2015) [6], realiza a medição de um sistema com base em suas funcionalidades. Consiste de três fases, (i) Estratégia de Medição – o modelo de contexto de software é aplicado ao software a ser medido; (ii) Fase de Mapeamento – o modelo genérico de software é aplicado ao software a ser medido; (iii) Fase de Medição – as medições de tamanho são obtidas. Existem quatro subtipos de tipos de movimentações de dados que são: Entry, Exit, Read e Write, nos quais é aplicada a função de medição COSMIC a cada uma das movimentações de dados identificadas nos processos funcionais.

Conforme BFPUG [5], a COSMIC FFP lançada em 2000, intenciona contar além de Sistemas de Informações Gerenciais, as aplicações em tempo real e multiplataforma. Cita também que a técnica não leva em conta a manipulação de dados complexos e requerimentos técnicos e de qualidade.

IV. TÉCNICAS DE ESTIMATIVA DE TAMANHO DE SOFTWARE USANDO BPMN

Çulha (2014) [11] propôs uma metodologia ágil de desenvolvimento de software para processos de negócios, bem como uma métrica para mensurar o esforço de desenvolvimento deste tipo de aplicação, representado pela fórmula 1:

$$\text{Effort} = a*s + b*s' + c \text{ person-day} \quad (1)$$

Em que "a": é o número de tarefas simples (sem interação com o usuário, ou de confirmação de alguma ação); "b": é o número de tarefas complexas (atividade interativa com o usuário); "s" e "s' ": são resultados do estudo de regressão realizado em 09 projetos os quais possuem os coeficientes 7.13 e 10.91 respectivamente. E finalmente o valor "c": definido como 20.96 pessoas-dia.

Cabe destacar a simplicidade da fórmula, visto que não considera os dados que trafegam pelas atividades, eventos e gateways. Porém, em seu estudo Çulha forneceu os nove diagramas e o esforço real dos projetos que subsidiaram as contagens propostas nesse artigo.

Outra técnica de estimativa foi proposta por Baklizky (2013) [14] denominada Business Process Point Analysis (BPPA), anteriormente denominada FPA4BPM, que propõe a contagem para projetos de desenvolvimento em BPMN, baseada em APF, no qual soma os pontos obtidos por funções de dados (DF) e funções transacionais (TF). As funções de dados são os agrupamentos de três tipos de elementos da BPMN: mensagens de eventos, data objects, data store, já as funções transacionais são os vários tipos de elementos BPMN inter-relacionados tais como atividades, fluxos, gateways.

A BPPA possui algumas diferenças em relação a APF, por realizar a contagem quando todas as atividades, fluxos e funções de dados são conhecidas, ao passo que, a APF permite estimar o tamanho em três diferentes estágios do desenvolvimento. Difere da APF também por, não apreciar em sua medição a quantidade de tipos de dados das DFs e das TFs; e os tipos de registros das DFs. Por fim, deve-se ressaltar que, essa proposta não especifica como seria calculado o esforço final de construção, apenas o tamanho do projeto.

Outro estudo relacionado, propôs o modelo de medida de esforço BPM Measure, feito por Aysolmaz (2013) [3], baseado em 10 processos já concluídos, no qual elaborou um modelo de regressão, a partir do relacionamento linear entre número de atividades; complexidade ciclomática (CFC); número de saídas e número de papeis; e concluiu que, as atividades e os papeis não afetam o esforço do projeto, pois já estão representadas pelo CFC e o número de saídas geradas. Aysolmaz testou o modelo que estimou o esforço para 60% da amostra, com menos de 30% de desvio.

Já Dhammaraksa (2009) [13] criou o Business Process Use Case Description (BPUCD), baseado em casos de uso, no qual analisa 14 elementos, que apoiam as perspectivas funcional, comportamental, informacional e organizacional. Em resumo, realiza a soma das atividades (funcional), com os conectores (comportamental), as entradas e saídas (informacional) e ainda, com os atores (organizacional) estimando um valor de tamanho. Percebe-se que, a BPUCD é simples, porém define o tamanho do projeto por meio da soma de variados elementos, atribuindo pesos iguais, não se preocupando com as diferentes complexidades; e assim como a UCP, realiza a contagem apenas na fase inicial do projeto.

V. BPMN ACTIVITY POINTS (BPMN-AP) - TIPOS DE CONTAGEM

Considera-se que cada caso de uso de um sistema pode ser adequadamente detalhado por meio de um processo

representado em BPMN [2]. Assim, cada processo P é composto por um conjunto AT de n atividades, dado pela fórmula 2:

$$AT = \{at(1), at(2), \dots, at(n)\} \quad (2)$$

Logo, o AP do processo de negócio será dado pela fórmula 3:

$$AP = \sum_{i=1}^n AP_{(i)} \quad (3)$$

É possível estimar o tamanho de P segundo a métrica AP(Activity Points) em três diferentes contagens progressivamente mais detalhadas, conforme descrito a seguir:

- A. "Preliminary Count": tem como propósito estimar o tamanho do sistema, em AP, já no início do projeto, considerando apenas a quantidade n de atividades do projeto.
- B. "Activity Context Count": estima o tamanho do sistema considerando, para cada atividade $At_{(i)}$, o seu tipo e o seu contexto dado em função dos conectores de fluxo, eventos e raias relacionados à $At_{(i)}$.
- C. "Data Weighted Count": considera adicionalmente, para cada atividade, a quantidade de informações manipuladas por esta.

É prevista ainda uma retroalimentação das três contagens com o objetivo de melhorar continuamente sua precisão, considerando dados de novos projetos realizados.

O fundamento para as contagens são as atividades, que podem ou não ser executadas e monitoradas por um Business Process Management System (BPMS).

A. Preliminary Count

A Preliminary Count (BPMN-AP_{PC}) é um modelo de contagem linear baseado apenas na quantidade n de atividades do processo de negócio, dado pela fórmula 4:

$$AP_{PC} = a * n + b \quad (4)$$

Para determinar os coeficientes "a" e "b" utilizou-se um modelo de regressão linear simples sobre a base de projetos apresentadas em [11]. Foi adotada inicialmente a produtividade de 10 horas sobre o esforço informado para cada um dos processos e obteve-se como resultados os coeficientes a=0,56 e b=4,7.

Por conseguinte, o esforço do projeto será conhecido por meio da multiplicação do AP_{PC} calculado pela produtividade adotada de 10 horas.

B. Activity Context Count

A Activity Context Count (BPMN-AP_{AC}) também é um modelo linear baseado nas atividades do processo de negócio, medidos em AP.

Os APs relacionados a cada atividade serão determinados a partir do tipo da atividade, e também pelo contexto da atividade, composto pelos conectores de fluxo, eventos e raias

ligados à aquela. Essa contagem foi feita com base em [11] utilizando um modelo de regressão linear da Média dos Mínimos Quadrados.

Seja $AP_{AC,at(i)}$ o AP para cada $at(i)$ do conjunto $=\{at(1), at(2), \dots, at(n)\}$ atividade, dado pela fórmula 5:

$$AP_{AC,at(i)} = TA_{at(i)} + CA_{at(i)} \quad (5)$$

Em que " $TA_{at(i)}$ ": representa o tipo da atividade; e " $CA_{at(i)}$ ": representa o contexto da atividade, refinado pela equação 6:

$$CA_{at(i)} = a * QC_{at(i)} + b * QE_{at(i)} + c * QR_{at(i)} + d \quad (6)$$

No qual, " $QC_{at(i)}$ ": é quantidade de conectores de fluxo, ligando a $at(i)$ a outra atividade e aos eventos, diretamente ou por meio de gateways; " $QE_{at(i)}$ ": é a quantidade de eventos de saída (em se tratando da primeira atividade, considerar também o evento de início); " $QR_{at(i)}$ ": é a quantidade de raias distintas acionando a $at(i)$ em raia diferente; "a", "b", "c" e "d" são os coeficientes 0.02, 0.024, 0.09 e 4,2 respectivamente, resultado do modelo de regressão empregado.

Logo, o AP_{AC} do processo de negócio será dado pela fórmula 7:

$$AP_{AC} = \sum_{i=1}^n AP_{AC,at(i)} \quad (7)$$

1) Tipos de Atividade

Sobre o tipo de atividade, [11] qualificou as atividades dos processos em dois grupos, ressaltando a necessidade de distinção de complexidade.

Tarefas de envio e recebimento, conforme a notação BPMN 2.0 [4], ambas são descritas como tarefas simples designadas para enviar ou para esperar uma mensagem.

Ao promover a democratização do processo, Hill (2006) [7] citou algumas características sobre a orquestração de processos de negócio, dentre elas, a facilidade de integrar atividades à aplicações, documentos ou execução de procedimentos, por meio de um esquema de endereçamento simples de URL. E ainda, sobre os avanços em formulários de interface de usuário personalizadas que acessam, validam e manipulam dados.

Dado o exposto, relacionado a " $TA_{at(i)}$ " organizou-se as atividades em 03 grupos:

- Atividade de Baixa Complexidade (ABC): Tarefa de Envio e Tarefa de Recebimento;
- Atividade de Média Complexidade (AMC): Tarefa de Serviço, Tarefa de Script;
- Atividade de Alta Complexidade (AAC): Tarefa de Regra de Negócio e Tarefa de Usuário.

Como a tarefa manual ocorre fora da aplicação, não foi considerada como relevante na contagem.

Sobre as AAC, que compõem aproximadamente 93% dos projetos do [11], o modelo de regressão obteve como resultado, o coeficiente 1,7.

Quanto as AMC e ABC, adotou-se nesse trabalho, a relação entre Tipo de Função e Complexidade da APF, sob o coeficiente de 1,7, para determinar o AP relacionado, ou seja, 30% e 50% menor, respectivamente. Logo para cada grupo, estabeleceu-se os seguintes " $TA_{at(i)}$ ", conforme Tabela I:

TABLE I. COMPLEXIDADE - $TA_{at(i)}$

COMPLEXIDADE - $TA_{at(i)}$	
Atividade	$TA_{at(i)}$
ABC	0,85
AMC	1,2
AAC	1,7

2) Medida da Atividade em Activity Points

Além do tipo da atividade, a quantidade de conectores de fluxo, tanto de entrada quanto de saída; os eventos; e a quantidade de raias distintas com atividades ou eventos que acionam a atividade explorada em outra raia, afetam a complexidade da atividade.

Sendo assim, o tamanho de cada atividade, medido segundo a sua complexidade, pode ser representado pela Fig. 2:

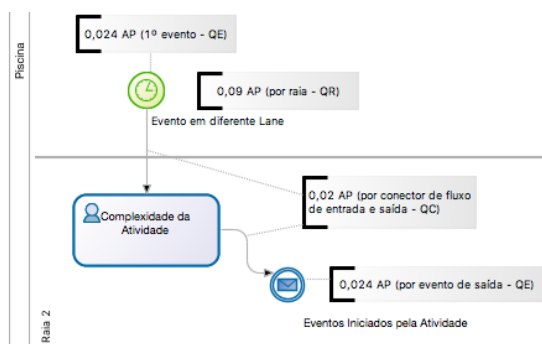


Figure 2. Complexidade de cada Atividade - AC

Pode-se dizer que a Activity Context Count considerou os principais elementos da BPMN, necessários a orquestração do processo. Portanto, a BPMN-AP apreciou o fluxo e mapeamento da lógica do processo, ou seja, um evento iniciando a estrutura que precede as atividades e roteamentos do fluxo até o seu fim.

Por fim, o esforço será calculado pela multiplicação do AP_{AC} com a produtividade definida em 10 horas.

C. Data Weighted Count

A Data Weighted Count (BPMN- AP_{DC}) é um modelo mais preciso de medida, igualmente linear, baseado nas atividades do processo de negócio.

Essa contagem se difere da Activity Context Count, pois é refinada pelo conhecimento dos atributos (menor parcela de informação, dentro de um grupo de dados - propriedades ou características de valor único) que trafegam pelas atividades; e

pela ciência dos itens de dados armazenados ou lidos pelas atividades.

São considerados atributos os distintos dados de entrada e dados de saída que transitam pela atividade, bem como os dados que persistem. Quanto aos itens de dados armazenados, devem ser organizados em Arquivos de Dados, grupos logicamente relacionados, conforme o entendimento do usuário.

Seja $AP_{DC,at(i)}$ o AP para cada $at(i) = \{at(1), at(2), \dots, at(n)\}$ atividade, dado pela fórmula 8:

$$AP_{DC,at(i)} = DA_{at(i)} + CA_{at(i)} \quad (8)$$

No qual "CA_{at(i)}": é dada conforme Activity Context Count; e "DA_{at(i)}": são os dados da atividade conformeequação 9:

$$DA_{at(i)} = x * AT_{at(i)} + y * AR_{at(i)} \quad (9)$$

Em que "AT_{at(i)}": representa a quantidade de atributos trafegando pela atividade; "AR_{at(i)}": representa a quantidade de arquivos de dados que acessa; e "x" e "y" são obtidos pela Tabela II a seguir:

TABLE II. COMPLEXIDADE SOBRE OS DADOS - DA_{AT(i)}

Complexidade sobre os Dados		
Atividade	"x"	"y"
ABC	0,035	0,18
AMC	0,05	0,25
AAC	0,07	0,36

Esses coeficientes de Atributos e de Arquivos de Dados, adotados nesse estudo, baseiam-se na relação entre a quantidade de Tipos de Dados e de Arquivos Lógicos da APF, sob a fixação do AP assumido na Activity Context Count, como resultado dessa razão.

Como relaciona dados à complexidade, uma maior granularidade de atividades, estaria diretamente ligada a atividades simples, logo, as contagens de BPMN-Activity Points não são afetadas pela granularização dos processos de negócio.

A fórmula do $AP_{DC,at(i)}$ pode ser escrita também como mostrado na equação 10:

$$AP_{DC,at(i)} = x * AT_{at(i)} + y * AR_{at(i)} + a * QC_{at(i)} + b * QE_{at(i)} + c * QR_{at(i)} + d \quad (10)$$

Então, o AP_{DC} do processo de negócio será dado pela fórmula 11:

$$AP_{DC} = \sum_{i=1}^n AP_{DC,at(i)} \quad (11)$$

Para a Data Weighted Count, o tamanho de cada atividade será dado de acordo com a Fig. 3:

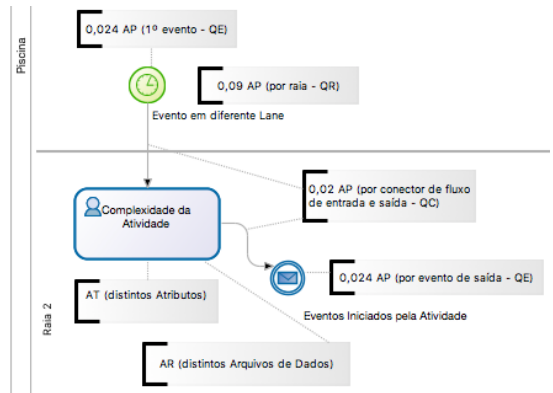


Figure 3. Complexidade de cada Atividade - DC

Assim, ao realizar a contagem considerando as atividades do processo de negócio, elementos centrais da estimativa juntamente ao seu contexto, como conectores de fluxo, gateways e eventos, é possível ponderar o fluxo e mapear tanto a lógica do processo, quanto a complexidade de persistência dos dados.

Ao finalizar o projeto, sugere-se que seja feita novamente a Data Weighted Count, em virtude de mudanças de escopo ou definição, necessidades arquiteturais, entre outros, permitindo assim, conhecer o tamanho real do software em BPMN-AP.

Quanto ao esforço, também será resultado da multiplicação do AP_{DC} do processo pela produtividade adotada em 10 horas.

D. Retroalimentação do BPMN-AP

Com a finalização de projetos por uma organização, pode-se implementar a retroalimentação do BPMN-AP, que propõe ajustes para melhoria contínua na mensuração de tamanho dos projetos BPMN nas Preliminary Count, Activity Context Count e Data Weighted Count.

Além dos dados de entrada utilizados nos modelos de regressão, informações sobre novos processos serão incorporadas à aqueles, objetivando tornar o cálculo do BPMN-AP mais representativo e preciso.

O Ajuste pode variar de acordo com as diferentes empresas e equipes, refinando tanto o valor assumido de produtividade, quanto dos coeficientes das contagens. Sobre a produtividade adotada de 10 horas, deve-se avaliar se as Atividade com Alta Complexidade de 1,7 AP, demoraram em média 17h, como também, se as Atividades com Média Complexidade de 1,2 AP, duraram 12h aproximadamente.

Na constatação de diferenças entre a produtividade adotada e a efetiva, é necessário identificar a produtividade média de diferentes equipes, para que retrate uma média real alcançável, e tanto estimular quanto premiar o aumento de produtividade.

Dado o esforço total de construção dos processos sobre o novo valor de produtividade a ser empregado, será possível identificar o insumo relativo ao tamanho do processo.

Portanto, para recalcular os coeficientes das contagens é necessário elencar para cada processo de negócio, a quantidade de:

- Atividades com Alta Complexidade;
- Atividades com Média Complexidade;
- Atividades com Baixa Complexidade;
- Conectores de entrada e saída por atividade;
- Eventos de saída, para cada atividade, e também o evento de entrada para a primeira atividade;
- Diferentes raias com atividades ou eventos acionando a atividade analisada, em outra raias;
- Tamanho do projeto.

Essas informações, de um conjunto de projetos, são os dados de entrada para os modelos de regressão linear simples, que ajustarão os coeficientes da Preliminary Count; e para o modelo de regressão linear da Média dos Mínimos Quadrados, que ponderará a Activity Context Count.

Quanto a Data Weighted Count, seus coeficientes serão modificados dado os valores encontrados na Activity Context Count com as devidas proporções de razão entre a quantidade de atributos e a quantidade de arquivos de dados.

VI. CONCLUSÃO

Considerando a necessidade das organizações de estimar, gerenciar e controlar suas atividades de negócio, e o crescente uso de BPMN para modelagem e execução de seus processos, propôs-se por meio desse artigo, uma técnica de estimativa de tamanho do software denominada, BPMN Activity Points, sob três diferentes perspectivas, conforme a fase de construção do sistema.

As três contagens permitem a tomada de decisão de confecção do processo, a partir da Preliminary Count; uma estimativa mais refinada, pela Activity Context Count; e finalmente, o tamanho real com a Data Weighted Count. E ainda, esse estudo propõe melhorias destas, com base na retroalimentação do BPMN-AP.

Logo, observa-se que a UCP não possui padrões de medição, variando de acordo com a granularidade de escrita dos casos de uso, e é limitada ao início do projeto. Já a APF, que considera funções, e o BPMN-AP, as atividades atômicas, possuem regras bem definidas, aprimoradas com a evolução do projeto.

O BPMN-AP estima o tamanho do processo de negócio considerando os elementos da notação e a quantidade de dados que trafegam, mesmo quando são persistidos ou lidos pelas atividades, e não apenas as atividades como [11] considera. Também não considera os elementos da BPMN identificados como funções de dados e suas relações com as atividades, e as funções de transações e os pesos fixos por tipo de tarefa conforme [14] considera.

Como trabalhos futuros de melhoria e refinamento da técnica, deve-se realizar simulações com situações reais em novos processos pela retroalimentação do BPMN-AP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] A. Herden and A. B. Albuquerque and P. P. M. Farias and P. R. M. Andrade, 'Agile PDD - One Approach to Software Development using BPMN', 11th International Conference Applied Computing, Porto, Portugal, 2014. IADIS Press, 2014. v. 11. p. 214-221, DOI 10.13140/2.1.1575.2647.
- [2] A. Herden and P. P. M. Farias and A. B. Albuquerque, 'An Approach Based on BPMN to Detail Use Cases', New Trends in Networking, Computing, E-learning, Systems Sciences, and Engineering (pp. 537-544), Springer International Publishing, 2015.
- [3] B. Aysolmaz and D. İren and O. Demiros, 'An Effort Prediction Model Based on BPM Measures for Process Automation', BMMDS/EMMSAD, Springer, pp. 154-167, 2013.
- [4] 'BPMN 2.0 - Business Process Model and Notation', Innovator for Business Analysts, 2013. [Online]. Available: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>. [Accessed: 06- Maio- 2015].
- [5] BFPUG - Brazilian Function Point Users Group. [Online]. Available: <http://www.bfpug.com.br/>. [Accessed: 29- Julho- 2015]
- [6] C. Hazan and A. V. Staa, 'Analysis and Improvement Process of Estimates Size Software Project', 'Análise e Melhoria de um Processo de Estimativas de Tamanho de Projetos de Software', PUC-RIO, 2005. [Online]. Available: ftp://139.82.16.194/pub/docs/techreports/05_04_hazan.pdf. [Accessed: 09- Janeiro- 2015].
- [7] C. Hill and R. Yates and C. Jones and S. L. Kogan, 'Beyond predictable workflows: Enhancing productivity in artificial business processes', IBM Systems Journal, vol. 45, no 4, 2006.
- [8] C. J. Paro, 'Development size measurements and software enhancements', 'Medidas de tamanho de desenvolvimento e de melhorias de software', BFPUG, 2005. [Online]. Available: <http://www.bfpug.com.br/artigos.htm>. [Accessed: 02- Novembro- 2015]
- [9] 'CMMI® for Development', Version 1.3, Improving processes for developing better products and services, Software Engineering Institute, 2010. [Online]. Available: <http://www.sei.cmu.edu/reports/10tr033.pdf>. [Accessed: 12- Novembro- 2015]
- [10] 'COCOMO® II - Constructive Cost Model II', USC Center for Software Engineering, 2000. [Online]. Available: http://sunset.usc.edu/csse/research/COCOMOII/cocomo_main.html. [Accessed: 24- Abril- 2015]
- [11] D. Çulha, 'An Agile Business Process Software Development Methodology', METU Graduate School of Natural and Applied Science, 2014. [Online]. Available: <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12618001/index.pdf>. [Accessed: 20- Julho- 2015]
- [12] G. Karner, 'Metrics for Objectory', Diploma thesis, University of Linköping, Sweden.No. LiTH-IDA-Ex-9344:21. December, 1993.
- [13] K. Dhammaraksa and S. Intakosum, 'Measuring size of business process from use case description', International Conference on Computer Science and Information Technology, Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society Press, 2009.
- [14] M. Baklizky and M. Fantinato and L. Thom and V. Sun and E. P. V. Prado and P. Hung, 'Business Process Points - A Proposal To Measure BPM Projects', AIS Electronic Library (AISel), 2013. [Online] Available: http://aisel.aisnet.org/ecis2013_cr/2/. [Accessed: 09- Agosto- 2015]
- [15] M. H. B. Dias and C. C. Oliveira and J. M. Abe, 'Integration between BPMN and UML', 'A Integração Entre a Bpmn e a Uml', IX SEGTe - Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2012. [Online]. Available: <http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos/12/34616316.pdf>. [Accessed: 29- Janeiro- 2016]
- [16] 'Measurement Manual - Portuguese 3.0.1', COSMIC - Common Software Measurement International Consortium, 2009. [Online]. Available: <http://cosmic-sizing.org/>. [Accessed: 28- Janeiro- 2016]

La Usabilidad a Través del Modelo de Negocios

Usability through Business Model

Juan Carlos Moreno; Marcelo Martín Marciszack; Juan Pablo Fernandez Taurant
Departamento de Sistemas
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina
{jmoreno33, marciszack, jtaurant}@gmail.com

Resumen — Esta es una propuesta para la identificación de Especificaciones de Usabilidad en forma temprana en un dominio modelado de procesos de negocios (BPMN), utilizando Léxico Extendido del Lenguaje. Las especificaciones serán mapeadas a una estructura denominada “Requirements Baseline” (Línea Base de Requerimientos), que describe el vocabulario del sistema utilizando el léxico extendido del lenguaje, y a los escenarios para describir su comportamiento. Las especificaciones de usabilidad serán introducidas dentro de los escenarios, utilizando transformaciones, y serán especificadas formando parte del vocabulario de LEL (Léxico extendido del lenguaje). El uso de LEL permitirá la generación de diccionarios, que contendrán especificaciones de usabilidad, para que a posterior el analista pueda integrar y evaluar las especificaciones de usabilidad en las aplicaciones que desarrolle. Esto permitirá al analista identificar, definir y mantener la trazabilidad de especificaciones de usabilidad en etapas tempranas del desarrollo de software.

Palabras Clave - Léxico Extendido del Lenguaje; LEL; BPMN; Transformación de Modelos, Usabilidad.

Abstract — This is a proposal to identify usability specifications during the business process modeling using Business Process Model and Notation (BPMN) and Language Extended Lexicon (LEL). These specifications will be mapped to a structure called "Requirements Baseline" (Requirements Base Line), which describes the system's vocabulary using LEL, and scenarios to describe their behavior. Usability specifications will be introduced in stages using transformations, and specified as part of LEL's vocabulary.

The use of LEL will allow to create a dictionary, which will contain all the usability specifications. The analyst will be able to integrate, evaluate, define and maintain the traceability of usability specifications in early stages during software process development.

Keywords - Language Extended Lexicon; LEL; BPMN; Model Transformation; Usability.

I. INTRODUCCIÓN

EL desarrollo de aplicaciones en forma veloz, ha sido la tendencia de la Ingeniería de Software en los últimos tiempos. Esto se ve reflejado no solo por el auge de Internet a través de la WEB 2.0 [1], sino también por el gran impacto que han

tenido las Redes Sociales [2] y sistemas en entornos WEB. Por estas razones, en la última década, la ingeniería de software ha tendido al desarrollo de aplicaciones en forma veloz, sin dejar de prestar atención a la calidad del mismo. Independientemente de la metodología de desarrollo de software que se utilice, por lo general se le suele dar mayor relevancia a los Requerimientos Funcionales. Pero se conoce que la calidad del producto no solamente depende de estos últimos, sino que también de los Requerimientos No Funcionales (RNF). Teniendo en cuenta lo anterior, se planteó el interrogante si era factible desarrollar una metodología que permitiera incorporar requerimientos de usabilidad en etapas tempranas de desarrollo del software, desde el punto de vista de la Ingeniería del Software.

Por este motivo el objetivo fue desarrollar un procedimiento sistematizado que, a partir de la incorporación de aspectos de usabilidad en etapas tempranas del ciclo de desarrollo del software, permita al analista contar con especificaciones de usabilidad antes de que el desarrollo del software se encuentre terminado. Las especificaciones pueden ser utilizadas para el diseño y validación de las aplicaciones de software posteriormente.

El presente trabajo se encuentra estructurado del siguiente modo: en la primera parte se realiza una introducción al estado del arte; posteriormente se introduce una explicación de los elementos a utilizar en la metodología; a continuación, se explica el procedimiento llevado a cabo para aplicar la misma mediante el empleo de herramientas; y por último los resultados obtenidos de la experiencia y discusión sobre los mismos. Finalmente, una conclusión sobre la experiencia desarrollada.

II. ESTADO DEL ARTE

El desarrollo de sistemas de información, sobre todo los de plataforma web, se ha transformado en un proceso que exige mucho conocimiento de metodologías, de seguridad y de tecnologías para poder construir una aplicación útil y correcta para cualquier usuario, por parte del ingeniero de software. De este modo, el objetivo de la Ingeniería de Software, además de construir aplicaciones que sean funcionalmente correctas, es la de construir aplicaciones de calidad a través de distintos métodos y principios [3]. Por lo general, cuando se construye

una aplicación o programa, se hace más énfasis en aspectos tales como arquitectura, persistencia y funcionalidad de los procesos relacionados con los requerimientos funcionales (RF) y son dejados de lado los requerimientos no funcionales (RNF). Dentro de los Requerimientos No Funcionales por su relevancia se debe mencionar a la Usabilidad.

El concepto de usabilidad ha sido definido por varias normas de Organizaciones Internacionales de Estándares de Calidad (ISO, IEEE). En cada norma se presenta a la usabilidad como un atributo del software y está relacionado a la calidad del mismo. La calidad de las aplicaciones, se mide muchas veces basándose en el sentido común y experiencias de los desarrolladores [4]. Este es uno de los motivos por el cual, en la construcción del software, no se trata de forma adecuada la usabilidad del software relacionada con los usuarios finales. Se presenta entonces la necesidad de definir primero el concepto de usabilidad, para que a posterior se pueda establecer algún procedimiento que posibilite incorporar aspectos de usabilidad en forma temprana.

En la norma ISO/IEC 9126-1 [5], se considera a la usabilidad como un parámetro de calidad del software y es una de las características de calidad relevantes del mismo. En esta norma se define a la usabilidad como “la capacidad en que un producto de software puede ser entendido, aprendido y usado por determinados usuarios bajo ciertas condiciones en un contexto de uso específico”. Esta norma contempla la calidad interna, externa y en uso de un producto de software [6]. A su vez la usabilidad es descompuesta en subatributos como la facilidad de aprendizaje, la comprensión, operatividad y cumplimiento de la usabilidad [7].

La norma ISO 25000 (Square) [8] contempla a la usabilidad como un aspecto de calidad bajo dos puntos de vista distintos: uno que contempla a la usabilidad desde el punto de vista del software, como producto en sí mismo; y el otro sería desde la usabilidad de uso, desde la perspectiva del usuario situado en un determinado contexto. Se contempla de esta manera a la usabilidad desde dos puntos de vista, con el objetivo de brindar ciertos criterios que ayuden al analista a construir un producto de software integral y usable. Esto implica tener en cuenta características, como atributos, tales como: la facilidad en el entendimiento, el grado de aprendizaje, la facilidad en el uso, ayuda, la accesibilidad técnica, la atracción y el cumplimiento con normas.

Es así que se puede apreciar, a través de las distintas definiciones, cómo la usabilidad es evaluada desde distintos puntos de vista. Por esta razón, el estudio de la usabilidad del software, tiene que ser tenida en cuenta por parte de la Ingeniería del Software. Por lo general, la usabilidad es considerada en etapas finales de la construcción del software. En esta etapa cualquier modificación afecta la arquitectura del sistema, puesto que las interfaces ya se encuentran diseñadas y el costo de cualquier modificación es alto [9], [10]. Una de las soluciones posibles a este problema, es incluir el análisis de la usabilidad en etapas tempranas, durante la fase de elicitación de los requisitos.

El Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (MDA) ha estandarizado las etapas de transformación entre modelos para tratar de obtener un sistema que sea consistente con el modelo

original diseñado, fruto de la etapa de elicitación de requerimientos. En este proceso de transformaciones entra en juego la trazabilidad de los requerimientos, ya que en una actualización o modificación de los sistemas es necesario medir el alcance del impacto del cambio y al mismo tiempo poder incorporarlo en forma automática. En esta metodología la elicitación de requerimientos (Requerimientos Funcionales y Requerimientos No Funcionales) surgirá a partir de transformaciones aplicadas al modelo de negocios. En este caso se capturan ambos tipos de requerimientos para que el analista pueda entender el dominio del problema, para luego trabajar en los Requerimientos No Funcionales de Usabilidad a través del análisis de ciertos atributos.

III. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Esta propuesta se puede describir como un proceso que se lleva a cabo en dos etapas.

La primera etapa consiste en el modelado del negocio en BPMN [11] mediante el uso de la herramienta Bizagi, donde el analista deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Las especificaciones de usabilidad forman parte del conjunto de requerimientos no funcionales a satisfacer. Para ello, BPMN cuenta con un estereotipo aplicable a las actividades denominado “Regla de Negocio” que permite modelarlos. Las reglas de negocio se definen por única vez y son aplicables a todas las actividades que quieran utilizarlas. En función de esto el analista deberá generar una actividad con el estereotipo “Regla de Negocio” para cada especificación de usabilidad y asociarla a las actividades donde debe aplicarse. Se utiliza el estereotipo. Luego serán mapeadas a una estructura denominada Requirements Baseline [12], [13]. La Requirements Baseline utiliza el Léxico extendido del lenguaje (LEL) para representar el dominio del sistema, y los escenarios para su comportamiento. Las actividades de tipo “Regla de Negocio” se mapearán como entradas de LEL y restricciones de escenarios.
- Las actividades restantes se mapearán como escenarios, exceptuando aquellas que analista defina con el estereotipo “Manual”.
- Las actividades de tipo “Regla de Negocio” que estén asociadas a una actividad definida con el estereotipo “Manual” no serán mapeadas como entradas de LEL ni como restricciones de escenarios.

Luego se deberá generar con la herramienta Bizagi un archivo con formato de tipo XPDL [14] que contendrá todas las definiciones del modelo.

La segunda etapa consiste en realizar las transformaciones necesarias para introducir en la Requirements Baseline todas las definiciones contenidas en el archivo XPDL generado en la etapa anterior.

Para esta etapa se utilizará como soporte la herramienta Baseline Mentor Workbench [15] (BMW), a la que se le agregarán las siguientes funcionalidades:

- Incorporar el elemento “Restricciones” en la definición de los escenarios, que contendrá las asociaciones a las entradas de LEL correspondientes a las especificaciones de usabilidad.
- Crear las reglas necesarias para la generación de escenarios y entradas de LEL a partir de las definiciones contenidas en el archivo de tipo XPD.

Los escenarios y las entradas de LEL deberán describirse en forma manual. Las descripciones de los escenarios serán utilizadas por el analista para la generación de las interfaces de usuario del sistema. Los requisitos de usabilidad de la interfaz de usuario a construir se obtendrán a partir de las restricciones contenidas en cada escenario.

La estructura de la propuesta puede observarse en la Fig. 1. Se puede observar, esquemáticamente, cómo se lleva a cabo el proceso y las tareas que ejecutan para pasar de una etapa a la siguiente.

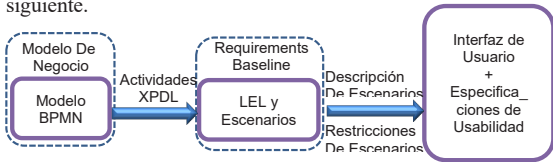


Figura 1. Esquema del Proceso de Elicitación de Requerimientos de Usabilidad Partiendo del Modelo de BPMN.

A. Aplicación del Proceso

Para analizar la propuesta se utilizará como dominio de ejemplo un sistema de alumnos modelado en BPMN, específicamente el proceso “Administrar Docentes” indicado en la Fig. 2.

B. Especificación de Criterios de Usabilidad

Las especificaciones de usabilidad deberán ser modeladas como actividades utilizando el estereotipo “Regla de negocio” y deberán asociarse a la actividad que debe satisfacer las especificaciones, como lo indica la Fig. 3.

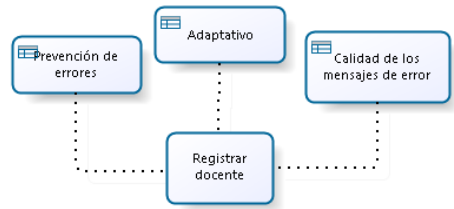


Figura 3. Especificación de Criterios de Usabilidad partiendo del modelo de Negocios.

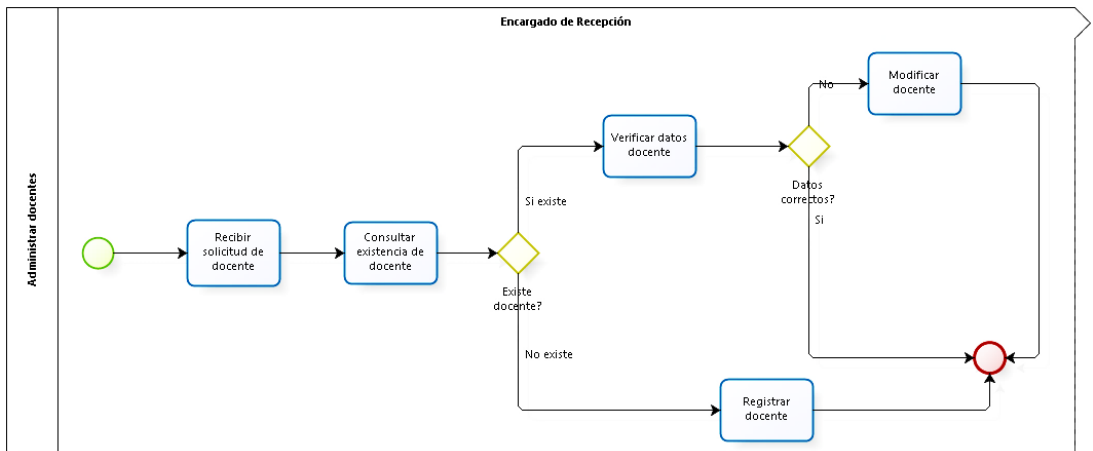


Figura 2. Ejemplo de Modelo BPMN “Administrar Docentes” de un sistema de alumnos.

Serán mapeadas a la Requirements Baseline todas las actividades exceptuando las seleccionadas con el estereotipo “Manual”.

No serán mapeadas las actividades marcadas como “Regla de negocio” que estén asociadas a actividades de tipo “Manual”.

El resultado completo del proceso es el que se observa en la Fig. 4.

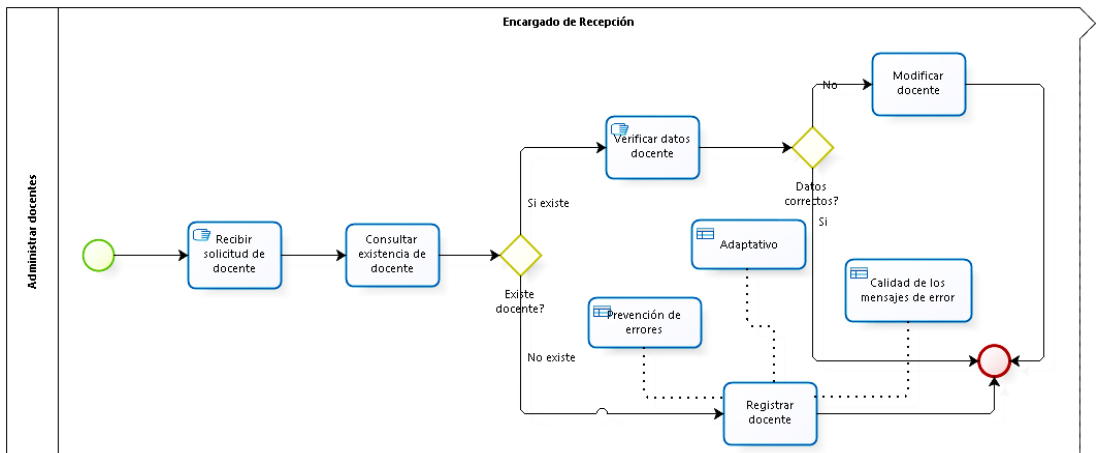


Figura 4. Resultado de aplicar el proceso de Especificación de Criterios de Usabilidad Partiendo del Modelo de BPMN.

Una vez que el analista finaliza el modelado en BPMN, se debe exportar el modelo desde la herramienta Bizagi en un archivo con formato XPDL.

Este archivo será introducido a la herramienta BMW, a la que se le agregarán las funcionalidades necesarias para el procesamiento del archivo XPDL con las definiciones del modelo BPMN.

El procesamiento del archivo XPDL consistirá en la creación de un escenario para cada actividad, salvo aquellas que sean del tipo “Regla de negocio”, que serán introducidas dentro del LEL como símbolo.

Los símbolos del LEL se describen utilizando una noción que corresponde al significado del símbolo, y un impacto que indica los efectos del símbolo en el sistema.

Cada símbolo debe clasificarse según su función en sujeto, objeto, verbo o estado, y tendrán diferentes nociones e impactos dependiendo de la clasificación en la que se encuentren [17], [18], como se indica en la Tabla 1.

TABLE I. HEURÍSTICAS PARA LA DEFINICIÓN DE LOS SÍMBOLOS.

Sujeto	<i>Nociones:</i> describen quien es el sujeto.
	<i>Impactos:</i> registran acciones ejecutadas por el sujeto.
Objeto	<i>Nociones:</i> definen al objeto e identifica a otros términos con los cuales el objeto tiene algún tipo de relación.
	<i>Impactos:</i> describen las acciones que pueden ser aplicadas al objeto.
Verbo	<i>Nociones:</i> describen quien ejecuta la acción cuando ocurre, y cuáles son los procedimientos involucrados.
	<i>Impactos:</i> describen las restricciones sobre la acción, cuáles son las acciones desencadenadas en el ambiente y las nuevas situaciones que aparecen como resultado de la acción.
Estado	<i>Nociones:</i> describen que significa y que acciones pueden desencadenarse como consecuencia de ese estado.

Impactos: describen otras situaciones y acciones relacionadas.

Los verbos representan las acciones que se realizan en el sistema. Las acciones se aplican a objetos o sujetos.

- Los sujetos, son los encargados de ejecutar las acciones indicadas en los verbos.
- Los objetos, representan elementos pasivos que reciben las acciones indicadas en los verbos, ejecutadas por los sujetos.
- Los estados, se utilizan para describir condiciones específicas de objetos o sujetos.
- Las especificaciones de usabilidad pueden clasificarse dentro de la categoría de objetos, ya que serán aplicadas o evaluadas en un momento específico a través de una acción desencadenada por un sujeto.

Los símbolos de LEL correspondientes a las especificaciones de usabilidad deberán ser descriptos de forma que se cumplan dos reglas simultáneamente [16][17]:

- Principio de circularidad: acotando el lenguaje en función del dominio mediante la maximización de símbolos del lenguaje del LEL, que se logra utilizando en las definiciones de noción e impacto símbolos y acciones dentro del LEL.
- Principio del vocabulario mínimo: en donde la tarea es minimizar el uso de símbolos externos al dominio de la aplicación.

Esto permitirá al analista mantener un diccionario de datos con todas las definiciones y jerarquía de las especificaciones de usabilidad que deban satisfacerse.

Finalmente, el analista deberá completar la descripción de los escenarios en forma similar a como lo haría con los Use Cases de UML [19]. Para cada escenario se deberá describir lo siguiente:

- Título: sirve para identificar al escenario
- Objetivo: finalidad del escenario, debe ser coherente con el título.
- Contexto: se utiliza para describir el estado inicial, lugar y momento de realización del escenario.
- Recursos: símbolos del LEL de tipo objeto disponibles para la realización del escenario.
- Actores: símbolos del LEL de tipo sujeto encargados de realizar acciones en el escenario.
- Episodios: Representan el conjunto de acciones que realizan los actores para realizar los escenarios. Un episodio puede aparecer en diferentes escenarios.

Los escenarios “Consultar Existencia de Docente”, “Registrar Docente” y “Modificar Docente” serán los derivados directamente de actividades que no tengan el estereotipo “Manual”.

Las entradas del LEL correspondientes a las especificaciones de usabilidad serán mapeadas automáticamente dentro del escenario bajo un nuevo elemento denominado “Restricciones”. Se realizarán los cambios necesarios en la herramienta BMW para brindar soporte a esta funcionalidad.

En la Fig. 5 puede observarse el escenario “Registrar Docente” con sus restricciones correspondientes mapeadas del modelo BPMN. Las descripciones restantes deberá realizarlas en analista.

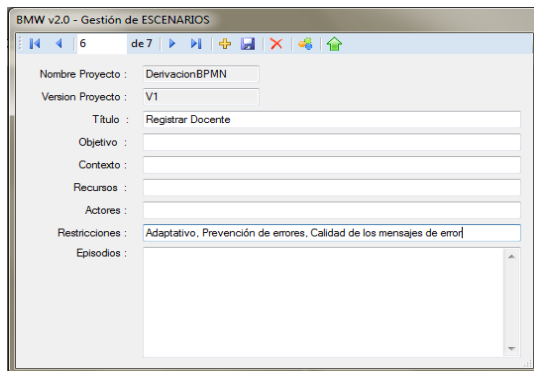


Figura 5. Criterio de usabilidad incorado en la herramienta de Gestión de Escenarios

Los escenarios resultantes serán posteriormente utilizados para generar las interfaces de usuario del sistema a construir.

Este proceso permitirá al analista identificar y definir especificaciones de usabilidad en etapas tempranas del proceso de desarrollo.

Por otra parte, el uso del LEL permite generar y mantener un diccionario de datos completo tanto de las definiciones como de las jerarquías de las especificaciones de usabilidad.

Finalmente, las especificaciones definidas en el proceso de modelado BPMN, que luego de mapeadas a LEL como su vocabulario conforman un diccionario de datos, permitirán al analista mantener la trazabilidad de las especificaciones desde el inicio del modelado BPMN hasta la obtención de los escenarios para generar las interfaces de usuario.

IV. RESULTADOS

Los resultados fueron satisfactorios pudiendo modelar dentro de BPMN las especificaciones de usabilidad para luego introducirlas como símbolos del LEL en la categoría de “Objeto” respetando los principios de circularidad y vocabulario mínimo. Por otra parte, fue posible generar en el LEL un diccionario de datos completo con las definiciones y jerarquías de las especificaciones de de usabilidad mapeadas.

Finalmente, pudieron realizarse las modificaciones necesarias a la herramienta BMW para soportar el proceso de mapeo automático de actividades a partir de los archivos XPD y para la creación del elemento “Restricciones” en la definición de los escenarios, permitiendo asociarlos a las especificaciones de usabilidad definidas en el vocabulario del LEL.

V. DISCUSIÓN CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos es posible realizar el mapeo de especificaciones de usabilidad en etapas tempranas del desarrollo de software aplicando una combinación de metodologías, que permita al analista identificar, definir y mantener las especificaciones que deberán ser tenidas en cuenta en el proceso de generación de interfaces de usuario del sistema que se construirá.

Por otra parte, la herramienta BMW permite generar adicionalmente, las tarjetas CRC o de Responsabilidad, las cuales se podrían utilizar para generar prototipos de interfaces. Estos prototipos se pueden asociar a patrones de interfaces que cumplan con requerimientos usabilidad ya predefinidos, garantizando cierta calidad en forma temprana y pudiendo incorporar métricas predefinidas para evaluar la presencia de usabilidad en forma temprana.

VI. CONCLUSIONES

Este proceso permite identificar, definir, mantener y mejorar la trazabilidad de especificaciones de usabilidad en etapas tempranas del desarrollo de software con intervención mínima del analista, permitiendo conocer de antemano las especificaciones que deben satisfacer las interfaces de usuario del sistema a construir. Los resultados obtenidos serán utilizados para el Estudio de Patrones utilizando Modelos de Negocios mediante el empleo de modelos Conceptuales, así como también como una ampliación de la metodología propuesta en transformación y obtención de Modelos Conceptuales mediante Léxico Extendido del Lenguaje y Escenarios; y como complemento metodológico para el estudio de La Usabilidad especificada tempranamente desde la perspectiva de la validación de Requerimientos No funcionales para aplicaciones Web.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. Martins, Ro. Gonçalves, J. Pereira, M. Pérez Cota. "Iberia 2.0: A way to leverage Web 2.0 in Organizations". Information Systems and technologies (CISTI), 2011 7th. Iberican conference.
- [2] J. Martins, R. Gonçalves, J. Pereira, T. Oliveira, M. Pérez Cota, "Social networks sites adoption at firm level: a literatura review". Information Systems and technologies (CISTI), 2014 8th. Iberican conference.
- [3] R. S. Pressman, What a tangled Wed we weave, vol. 17, IEEE Software, 2000, pp. 18-21.
- [4] Abrahao S., Condori-Fernandez N., Olsina L., and Pastor O., "Defining and validating metrics for navigational models," IEEE, Ed., Australia: Software Metrics Symposium, 2003. Proceedings. Ninth International, 2003, p. 200-210.
- [5] Norma ISO/IEC ISO9126-1, "Software Engineering -Product Quality - Part 1," Quality Model, 2001.
- [6] Nigel Bevan, "Quality and usability: A new framework," *Achieving software product quality*, 1997.
- [7] Mario G. Piattini, Felix O. Garcia, and Ismael Caballero, "Calidad de Sistemas Informáticos", México, ISBN 978-970-15-1267-8, 2007.
- [8] ISO/IEC 25000, Software Engineering - Software Product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE).
- [9] L Bass and B John, "Linking usability to software architecture patterns through general scenarios," *The journal of systems and software*, no. 66, pp. 187 - 197, 2003.
- [10] Eelke Folmer and Jan Bosh, "Architecting for usability: A survey. ," *Journal of Systems and Software*, pp. 61 - 78, 2004.
- [11] Object Management Group. Business Process Model and Notation (BPMN)," Agosto 2011. [En línea]. Available: <http://www.omg.org/spec/BPMN/>.
- [12] Leite J.C.S.P., Rossi G., et al. Enhancing a Requirements Baseline with Scenarios. Proceedings of RE 97': International Symposium on Requeriments Engineering, IEEE. Enero 1997.
- [13] Leite J.C.S.P, Albuquerque Oliveira, A P. A Client Oriented Requirements Baseline. Proceedings of RE 95': Second IEEE International Symposium on Requeriments Engineering. Inglaterra, Marzo 1995.
- [14] Xpdl.org. (2016). Welcome to XPDL.org. [online]. Disponible en: <http://www.xpdl.org/index.html>.
- [15] Antonelli, R. (2004). Traceability en la elicitación y especificación de requerimientos. [online] Hdl.handle.net. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10915/4061>.
- [16] Leite, J.C.S.P., "Eliciting Requirements Using a Natural Language Based Approach: The Case of the Meeting Scheduler Problem", March 1993.
- [17] Hadad, G., Kaplan, G., Maiorana, V., Balaguer, F., Oliveros, A., Leite, J.C.S.P., Rossi, G. Informe Técnico: "Léxico Extendido del Lenguaje y Escenarios del Sistema Nacional para la Obtención de Pasaportes". Proyecto de Investigación, Departamento de Investigación, Universidad de Belgrano, Buenos Aires, 1996.
- [18] Leonardi, C., Leite, J.C.S., Rossi, Gustavo. "Una estrategia de Modelado Conceptual de Objetos, basada en Modelos de requisitos en lenguaje natural". Tesis de Maestría Universidad Nacional de la Plata. <http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carrera/Magister/Ingenieria%20de%20Software/Tesis/Leonardi.pdf>.
- [19] OMG. Unified Modelling Language: Superstructure Version 2.0 (online), Julio 2005, Disponible en: <http://www.omg.org/>

Classification Model Analysis for the Prediction of Leptospirosis Cases

Nivison Ruy R. Nery Jr.^{1,2}, Daniela Barreiro Claro¹, Janet C. Lindow³

¹Semantic Formalism and Application Research Group (FORMAS)

Computer Science Department, Post-graduation program in Computer Science (PGCOMP)

Mathematics Institute, Federal University Of Bahia, Salvador, Brazil (UFBA)

nivisonjr@hotmail.com, dclaro@ufba.br

²Gonçalo Moniz Research Center (CPqGM)

Oswaldo Cruz Foundation, Ministry of Health, Salvador, Brazil

³Department of Epidemiology of Microbial Diseases, School of Public Health

Yale University, New Haven, United States of America

janet.lindow@yale.edu

Abstract — Leptospirosis is a disease that affects mainly low-income populations, with an incidence of 500,000 cases per year worldwide[1]. The disease has symptoms often confused with other febrile syndromes, such as dengue, influenza and viral hepatitis. Improved diagnosis of patients with leptospirosis is very important for health professionals, epidemiological surveillance and primarily for rapid evaluation and appropriate treatment of patients. In this work, an analysis of the data mining techniques classification was performed, evaluating algorithms of the methods of Decision Tree, Classification Rules and Bayesian Classification. Of these, JRip was the model with the best performance, yielding 85% sensitivity and 81% specificity. The algorithms successfully predicted the disease and may represent a new tool to assist health professionals in the daily hospital routine, especially in endemic areas for leptospirosis, accelerating targeted treatment, and minimizing disease exacerbation and mortality.

Keywords – Data Mining; Algorithms; Prediction; Leptospirosis.

I. INTRODUCTION

Leptospirosis, a neglected disease, is an acute febrile disease that affects populations from tropical regions of the world. The causative agent of this disease, a bacterium called *Leptospira*[2], can be transmitted by direct contact with sewage or soil contaminated with urine of infected animals, such as dogs and especially sewer rats.

Leptospirosis has initial symptoms often mistaken for other febrile syndromes such as influenza, dengue and viral hepatitis, which hinders accurate diagnosis by health professionals. When there is suspicion of the disease, most regions lack specific laboratory testing for confirmation, and even when possible, the gold standard diagnostic tests generally take a few days to perform. This potentially delays the start of appropriate antibiotic treatment, which is associated with poorer clinical outcomes, and also slows notification of the case to public health services[3].

In Brazil the specific laboratory tests most commonly used to diagnose leptospirosis, are the ELISA-IgM and MAT (Micro-Agglutination Test)[4]. A major drawback of these assays is that they often require paired blood samples. For

example, if the results of these tests are negative for the first blood sample, often collected before the 7th day of the onset of symptoms, one cannot rule out the diagnosis of leptospirosis[4]. Even with paired samples, some cases are only confirmed by qPCR (detects bacterial DNA in whole blood) or hemoculturing methods[4]. In this context, the use of a prediction model based on clinical data and combined with epidemiological data may provide higher predictive value for accurately diagnosing leptospirosis, and aid in the effective treatment of individuals, thus decreasing the likelihood of the development of more serious disease and reduce mortality.

The Gonçalo Moniz Research Center (CPqGM/FIOCRUZ-BA) is an institution linked to the Brazilian Ministry of Health and performs studies on various diseases. The CPqGM/FIOCRUZ-BA has a research group dedicated to performing laboratory, clinical and epidemiological studies of leptospirosis since 1996, in the city of Salvador, Brazil. These studies consist of the following activities: active hospital surveillance, at the Hospital Couto Maia (HCM), which specializes in infectious and parasitic diseases; ambulatory monitoring, at the Pau da Lima neighborhood São Marcos health post; and monitoring of the natural history of leptospirosis in a Pau da Lima/São Marcos community cohort of 14,000 individuals, followed since 2003.

The aim of this study was to analyze whether classification models applied to clinical and epidemiological data at the Gonçalo Moniz Research Center (CPqGM/FIOCRUZ-BA) could be fit for the accurate identification of leptospirosis cases. Early identification of leptospirosis cases assists health professionals in the appropriate treatment of patients, minimizing the risk of severe disease development. This work has two main contributions:

- Evaluation of seven data mining algorithms using epidemiologic and clinical parameters. Analysis and comparison of classification models: Decision Tree with J48 and REPTree algorithms; Classification Rules with JRip, OneR, PART and DecisionTable (DT) algorithms; Bayesian classification with the Naive Bayes algorithm (NB).

- Improving disease identification for health professionals, thereby accelerating the initiation of appropriate treatment of patients.

This work is divided into six sections: the first, described above, provides relevant background, the second section presents the current published findings; the applied methodology is presented in section three, detailing the methods used and their respective algorithms as well as the three techniques used to perform the experiments; section four presents the classification models applied to leptospirosis, as well as information regarding the basis of clinical and epidemiological data analysis; section five presents the results and discussions of the experiments, detailing the metrics and analyzed the performance of each algorithm; and finally section six presents the conclusion, and proposed future work.

II. RELATED WORK

There are various works in the literature related to the Knowledge Discovery in Databases (KDD) applied to human health [5][6][7][8][9][10][11][12]. To perform knowledge discovery, KDD has various steps, as shown in Figure 1[9]. The steps Attributes Selection, processing and transformation are essential for the preparation of data for the step of Data Mining (DM), especially when working with information hospital due to difficulty in having complete data, as can be seen in the work of Garcia et al[5], who emphasized the importance of carrying out a processing and transformation of missing data in the clinical context, proving in their comparisons without the imputation of data, it is impossible create accurate models.

The analysis theme of prediction models has been used by many researchers to identify a variety of diseases using DM. In this regard in all cited works were analyzed techniques, algorithms and especially the merit of the research, as can be observed in the work of Garcia et al[5], where the authors compared prediction algorithms, such as KNN, decision tree, logistic regression and SVM with data imputation methods, in order to identify the best survival prediction model of cases of breast cancer in five years. The best prediction model was obtained with the application of KNN algorithm, with 81% accuracy and over 0.78 area in the ROC curve.

Yeh et al[6], the authors applied DM techniques to biochemical data from dialysis patients to predict the likelihood of hospitalization, and found immediate treatment was associated with a lower likelihood of hospitalization. Using Decision Tree and Association Rules algorithms, with satisfactory values, they further determined that the albumin index was an important factor in predicting hospitalization of patients with an accuracy ranging from 71% to 100%[6].

Fayyad et al[8] constructed a predictive model to improve the diagnosis and prognosis of cardiovascular disease. The authors analyzed the algorithms Decision Tree, Bayesian Network and Neural Networks, through the cross validation playing technique with 10 folds. The algorithm that showed the best performance for the cases of disease classification was the Decision Tree, with accuracy and sensitivity of more than 99%[8].

Sahle[10] used DM techniques for predicting fatality rates from malaria, one of the main health problems in Africa. In this work, J48, JRip and MLP algorithms were used, respectively, for the methods Decision Tree, Classification Rules and Neural Networks. The experiments showed good results for models evaluated, with an accuracy rate of 97% cases of disease algorithm for MLP and 96% for the models obtained with J48 and JRip[10].

Bakar et al[11] developed a dengue outbreak detection model using multiple classifiers based on rules, such as Decision Tree, Naive Bayes classifier and associative. According to their findings, the use of multiple classifiers improves the accuracy and quality of rules in comparison with a single classifier. For example, the best results for single classifier analysis resulted in a ROC curve=0.729, while experiments using multiple classifiers, the ROC curve was 0.761, an increase in classification quality.

There is currently only a single study relating DM to leptospirosis in dogs[12]. In this work they applied the Decision Tree algorithm to epidemiological and serological data in order to assess the risk factors for canine leptospirosis. They[12] generated the highest predictive results with Decision Tree, specifically the J48 algorithm with 87% correct classification, but this algorithm did not perform well classifying infected dogs (66% misclassifications), and identified variables of sewage systems, rubbish and rats as possible risk factors for the disease. Unlike leptospirosis in humans, in which diagnosis is hampered by the symptoms similar to other febrile syndromes, leptospirosis is more commonly suspected in dogs because of the animals' greater exposure to bacterial reservoirs.

In this work, we used the Classification Rules method, specifically the JRIP algorithm, and obtained 83% correct classifications and 15% misclassifications in infected humans.

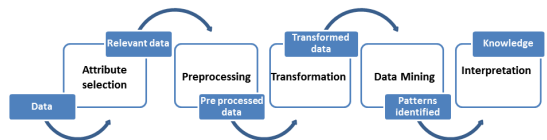


Figure 1. KDD Process Steps adapted from Fayyad et al.[9]

III. METHODOLOGY

The KDD process was applied to better classify cases of leptospirosis from the CPqGM/FIOCRUZ-BA patient and community cohort leptospirosis database. We first determined the type of data available for the disease and defined the limitations of the information database before selecting attributes to extract relevant data. In the third step, we performed the data preprocessing: cleaning and standardizing the existing data. In the fourth stage, transformed the data into a readable format. We then applied the DM classification algorithms based on three methods (classification rules, a decision tree, and Bayesian classification), to predict the learning historical data and cases of the disease. Finally, we compared the results from the algorithms tested and identified which best predicted the statistical parameters available in the

task of classification in Waikato Environment for Knowledge Analysis Tool (WEKA) in version 3.7. 8[13].

A. Classification of Models Applied to Leptospirosis

In this work the classification models were compared to determine which best predicted cases of leptospirosis based on clinical and epidemiological data. Clinical data consisted of information gathered from hospital records, containing patient history and clinical disease course, and treatments and examinations performed. Epidemiological data included information about daily activities of the individual, whether at home or at work, in order to: 1) assist in clinical diagnosis of suspected cases, since many diseases have similar initial symptoms, complicating diagnosis; 2) identify patterns of disease occurrence and the factors influencing them; and 3) contribute to the case notification system for health departments, to facilitate vaccination and disease control campaigns. In the case of leptospirosis, information related to contact with sewage, mud, flooding, garbage or rats in the 30 days prior to onset of symptoms was crucial in predicting clinical suspicion of the disease.

B. Database

All patients and community cohort volunteers provided written, informed consent to participate in the studies described here. Since 1996, the CPqGM/FIOCRUZ-BA Leptospirosis group has performed active surveillance to identify suspected leptospirosis cases at Hospital Couto Maia in Salvador, Brazil[14].

This study used data collected during hospital surveillance, which is composed of information collected from patient interviews, review of medical charts, and laboratory test results. Data from hospital surveillance consisted of:

- Demographic data, including home location, age and sex of the participant.
- Epidemiological data collected at the time of patient hospital admission, to determine whether patients had risk factors for leptospirosis, and initial results of non-specific examinations, such as complete blood count, chest X-ray and urine output summary. Following hospital release, the team collected epidemiological data on final clinical outcome and relevant medical chart history.
- Data related to the past 30 days of activities to identify individual risk factors, such as possible exposures (contact with mud, sewage and/or waste), socioeconomic characteristics, and/or living or working in a hazardous area.
- Data on household risk factors from the participants' homes: information such as proximity of sewage, garbage accumulation, vegetation and animals.
- Georeference data on the exact location of the participant's home for later spatial analyses.

The hospital surveillance database consisted of 1,715 attributes, with 4,675 instances collected since March 1996. The major limitation of this database was that most of the attributes were created in the last five years, causing many

empty values. Selecting attributes, such as laboratory results confirming diagnosis were removed, since the objective of this model was to predict diagnosis of leptospirosis based on clinical and epidemiological data without corresponding laboratory data. Additionally, we removed attributes relating to biological material collections, clinical and laboratory outcomes, daily blood counts and ICU results as, all variables contained less than two years of data in the database. After this selection step, there were 267 remaining attributes, as shown in Figure 2a.

Of the 4,675 suspected leptospirosis cases in the CPqGM/FIOCRUZ-BA database, 2,046 were laboratory confirmed, with 44% accuracy based on clinical suspicion. The laboratory confirmation of data was used to validate the effectiveness of the models analyzed in this study. In next step, we calculated the frequency of each attribute using Epi Info version 3.5.3 [15], to remove ambiguities in the data and carry out cleaning, removing attributes with frequencies greater than or equal to 80% of missing data. We created an identified class attribute as *LEPTO*, whose response options were *Confirmed* or *Not confirmed*, based on specific laboratory diagnosis tests used as reference for the prediction task. At the end of this stage, we selected 99 attributes, which met the criteria, as shown in Figure 2.b.

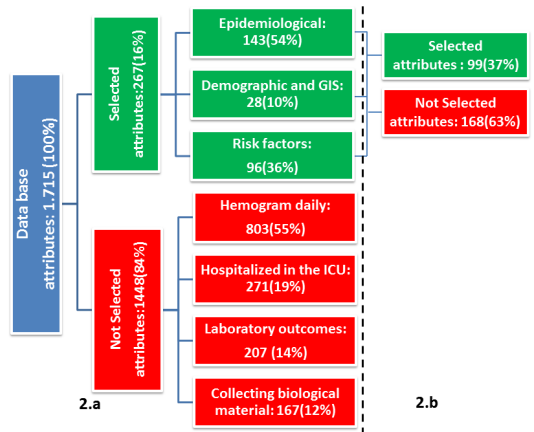


Figure 2. Flow of feature selection step (2.a) and Pre-processing (2.b).

C. Analyzed Algorithms

Our objective of mining the database of hospital surveillance of leptospirosis (CPqGM/FIOCRUZ-BA) was to predict the cases of disease based on instances and their relationship with laboratory diagnose. In predictive activity, we selected algorithms from the principal methods of classification task: Decision Tree with the J48 and REPTree algorithms; Classification Rules, with JRip algorithms, OneR, PART and DecisionTable (DT); Bayesian classification, with the Naive Bayes algorithm (NB)[16]. We chose these methods because they performed well in related work, besides providing simple, flexible and easily interpretable results. As future work, we intend to expand this comparison evaluating other prediction methods, such as KNN, SVM and logistic regression.

D. Technical Evaluation

To identify the best classification model for leptospirosis, we used statistical techniques to evaluate the metrics. Of the available metrics, we analyzed the ratio of correct classification of the database instances and Kappa statistics, a measure which verifies whether the value found is random, with decimal values between 0 and 1: the greater the displayed Kappa value, the greater the confidence in the classification result. We also evaluated the accuracy of the metrics of classification available using other methods: VP (True Positives); FP (False Positives); F-Measure, verify the performance combining precision and recall values of a rule; MCC (Matthews Correlation Coefficient), considered a balanced measure that can be used even when there are disparities in the size of study classes; and ROC area (Receptor Operating Characteristics), metric that represents the variation between the true and false positive rates[17].

IV. EXPERIMENTS AND RESULTS

To carry out prediction using our database, we divided it into training and prediction datasets. We ran each algorithm three times, with different fragmentation techniques: on the first run, we used the technique Percentage Split (PS) with 66%, dividing the data into 66% for training and 34% remaining for the prediction; on the second run, we again applied the PS technique, but used 80% for training and 20% for the prediction; in the third run we used the technique Cross

Validation (CV) with 10 Folds with the algorithm performing a repeat loop in parts, and of 10 shares, we used 09 for training and creation of algorithm rules to validate the remainder part.

A. Results

The post-processing is a step in the KDD process responsible for the evaluation and interpretation of results extracted in the MD step, the acquisition of knowledge from the analyzed database. We organized the results of the algorithms and their methods of experimentation into two tables: in Table I are the analyses of the models obtained from Naive Bayes algorithms, J48 and REPTree; in Table II, we presented the analysis of the models obtained with the JRIP algorithms, OneR, PART and DT. As shown in the tables, we ran each algorithm three times with different techniques. Figure 1 shows the proportion of correct classifications and their respective value obtained through Kappa statistics. While the DecisionTable models (DT) and J48 yielded good results, the JRIP algorithm model gave the best results, especially in the percentage split 80 experimental techniques.

Tables I and II show the results of the metrics we considered during the evaluation of the models. Based on the Kappa statistics, the model that showed the highest confidence index in all methods of experimentation was the JRip, with the value: 0.657 for technical PS 80; 0.612 to PS66; 0.599 to CV. The worst performing model was the NB, with values: 0.310 for PS80; 0.257 for PS66; 0.289 for CV.

TABLE I. ANALYSIS OF STATISTICS OF BAYESIAN ALGORITHMS AND DECISION TREES, COMPARING THE PERCENTAGE SPLIT (PS) EXPERIMENTAL MODELS (SPLIT 66 AND 80) AND CROSS VALIDATION (CV) 10 FOLDS.

Metrics	Bayesian			Decision tree					
	NB			J48			REPTree		
	PS80	PS66	CV10	PS80	PS66	CV10	PS80	PS66	CV10
Correctly Classified	0.667	0.643	0.662	0.804	0.799	0.785	0.791	0.803	0.79
Kappa statistic	0.31	0.257	0.289	0.605	0.596	0.563	0.582	0.605	0.579
TP Rate	0.474	0.423	0.466	0.788	0.794	0.759	0.802	0.811	0.808
FP Rate	0.172	0.174	0.186	0.182	0.196	0.195	0.217	0.203	0.224
F-Measure	0.696	0.67	0.66	0.782	0.772	0.75	0.754	0.769	0.737
MCC	0.325	0.274	0.3	0.605	0.596	0.563	0.582	0.605	0.581
ROC Area	0.774	0.756	0.77	0.848	0.828	0.811	0.847	0.847	0.848

TABLE II. ANALYSIS OF THE RESULTS OF STATISTICAL MEASURES OF CLASSIFICATION RULES ALGORITHMS, COMPARING THE PERCENTAGE SPLIT (PS) EXPERIMENTAL MODELS (SPLIT 66 AND 80) AND CROSS VALIDATION (CV) 10 FOLDS.

Metrics	Classification Rules											
	JRIP			OneR			PART			DT		
	PS80	PS66	CV10	PS80	PS66	CV10	PS80	PS66	CV10	PS80	PS66	CV10
Correctly Classified	0.829	0.806	0.801	0.739	0.731	0.718	0.803	0.778	0.767	0.812	0.801	0.787
Kappa statistic	0.657	0.612	0.599	0.494	0.477	0.459	0.605	0.552	0.529	0.625	0.6	0.572
TP Rate	0.851	0.842	0.815	0.946	0.938	0.937	0.816	0.734	0.748	0.863	0.79	0.806
FP Rate	0.19	0.225	0.21	0.432	0.442	0.451	0.207	0.185	0.217	0.231	0.189	0.228
F-Measure	0.788	0.757	0.75	0.645	0.639	0.616	0.765	0.768	0.727	0.756	0.777	0.733
MCC	0.659	0.615	0.6	0.541	0.524	0.509	0.606	0.552	0.529	0.63	0.6	0.574
ROC Area	0.844	0.827	0.826	0.757	0.748	0.743	0.829	0.82	0.798	0.863	0.83	0.843

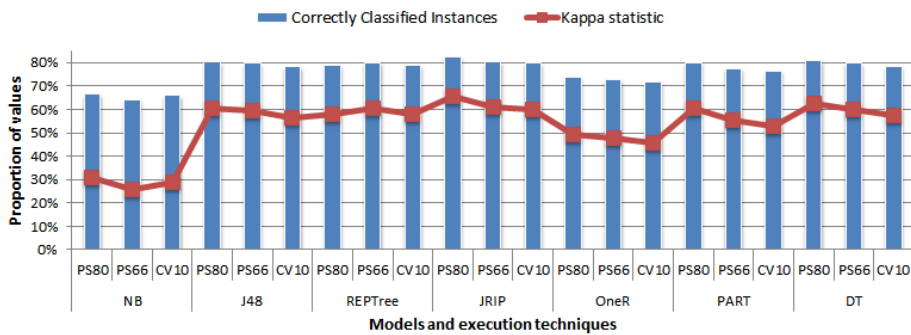


Figure 3. Comparison of correct rates classifications of instances and the value obtained with the Kappa statistic, by algorithms and implementation techniques.

Analyzing the correct classification of TP models, the model that stood out was the OneR, with 0.946 hit ratio for PS80, PS66 and 0.938 to 0.937 for CV. However, analyzing the FP ratings, OneR yielded the highest false positive rates: 0.432 for PS80, 0.442 for PS66 and 0.451 for CV. Thus, this classifier showed high hit rates for patients with confirmed disease, known as test sensitivity, and had the highest error rate in those without the disease, known as test specificity. Table III shows the confusion matrix obtained by running the algorithm OneR through technical PS80, with 95% sensitivity, identifying 401 of the total of 424 individuals with the disease, but also identifying 290 total of 511 of the group of individuals without the disease (57% specificity), damaging the confidence model.

TABLE III. MATRIX CONFUSION ONER MODEL WITH EXPERIMENTAL TECHNIQUE PS80.

Class	No Disease	Disease
No Disease	290 (57%)	221 (43%)
Disease	23 (5%)	401 (95%)

Different from the OneR algorithm results, the model obtained by JRIP yielded balanced sensitivity and specificity of 85% and 81%, respectively, a reduction in sensitivity, but a notable increase in specificity. Table IV shows the confusion matrix obtained by running the algorithm JRIP through PS80 technique, indicating that the model identified 361/424 individuals with the disease and was also effective in identifying individuals without the disease, 414 of 511.

TABLE IV. MATRIX CONFUSION JRIP MODEL WITH EXPERIMENTAL TECHNIQUE PS80.

Class	No Disease	Disease
No Disease	414 (81%)	97 (19%)
Disease	63 (15%)	361 (85%)

Evaluating F-Measure, the JRip model showed better results in the PS80 and CV, with values 0.788 and 0.750 respectively, but for the PS66, the DT with a value of 0.777 was the best performer, followed by J48 (0.772) and the PART

(0.768). The JRip was the fifth best in the PS66 method of testing.

Analyzing the MCC, we observed that the JRip model outperformed all other models, with values of 0.659 for PS80, 0.615 for PS66, and 0.600 for CV.

Based on the methods of experimentation, we observed that of the models generated by the pattern WEKA tool values, PS66 was slightly better compared to the CV 10, but compared with PS80, PS66 reduced the accuracy of the models for this method of execution.

Of the models analyzed, JRip presented the best performances in the applied metrics, especially in the proportion of correct classification of instances, Kappa statistics and F measure for almost all testing methods, and best performances in PS80. However, PS80 is not fit for these kinds of experiments, the performance a considering CV is as well as using PS80. With JRip we obtained approximately 80% correct classifications. The Bayesian model performed worst for all methods of experimentation, with the best Kappa value of 0.310 and F-measure as of 0.696. Additionally, we analyzed the performance of the DM methods for classifying the disease. The implemented methods, Classification Rules were the most efficient, mainly due to the performance of JRip models and PART. The Bayesian method showed the lowest performance in the analysis.

V. DISCUSSION

Leptospirosis is a neglected disease that occurs primarily in rural or urban areas lacking quality sanitation systems. The use of a classification model that predicts whether an individual suspected for the disease is classified like confirmed case or not, The use of a classification model that can predict accurately whether an individual with suspected leptospirosis should be treated as a case or not, would improve rapid diagnosis and appropriate treatment of cases lacking laboratory data. Additionally, the model can be applied to databases containing historical data, allowing the estimation of average number of future cases, thereby informing intervention and control strategies for leptospirosis in resource-limited regions.

These results were significant, identifying the JRip algorithm as the best prediction model, with 83% accurate

classification of disease cases, defined by laboratory confirmation. These results provide strong evidence that individuals with leptospirosis can be identified using the prediction model based on clinical and epidemiological data, improving accurate diagnosis and consequently appropriate treatment.

The data used as reference values to assess the correct classification of the analyzed models were obtained through specific laboratory tests for predicting leptospirosis. According to the WHO (World Health Organization)[4] laboratory confirmation of the disease, should preferably include two blood samples collected at different times: the first in the acute phase of the disease and the second 14-21 days following the first for performing ELISA and MAT testing. The paired samples are needed because many acute phase samples are negative for these assays, complicating disease diagnosis without a second, later sample. This greatly, prolongs the time for laboratory confirmation of diagnosis for the individual.

Of the 2,046 subjects confirmed leptospirosis cases in the CPqGM/FIOCRUZ-BA database, 13% (271/2,046) were negative by ELISA and 27% (560/2,046) were negative by MAT when only the first sample was analyzed. Unlike the findings by Bier et al[12] for, the predictive model for canine leptospirosis, we found the JRip algorithm performed best, and had a sensitivity of 85% (230 of the 271 confirmed by ELISA and 476 of the 560 confirmed by MAT), for predicting human leptospirosis.

VI. CONCLUSION

In this paper we employed data mining techniques, specifically Classification Rules algorithms, Decision Tree and Bayesian Network to identify the best model for the prediction of leptospirosis in patients. In our experiments, the Classification Rules task algorithms presented high accuracy in relation to other tasks analyzed. Additionally we evaluated data fragmentation techniques: Percentage Split (PS) and Cross Validation (CV), whose purpose is to divide the database into training data and prediction data.

In our analyses of the classification models, the JRip, rating rules method generated better results in the evaluated metric. The model obtained with JRip showed better accuracy compared to other models and the fragmentation techniques PS and CV. The PS experimental model presented the best performances, especially with the increased proportion of instances for training, PS 80%.

The use of the model obtained with the JRip to predict cases of leptospirosis is very important for health professionals in hospitals, research centers and in the epidemiological surveillance services, contributing as a screening technique for laboratory testing and in decision-making by public managers. The earlier the accurate diagnosis of leptospirosis is made, the faster the individual will be treated, reducing the likelihood of progression to severe disease, such as pulmonary hemorrhage, which can lead to death within 48 hours of the onset of bleeding.

As future work, we intend to evaluate the prediction model of leptospirosis obtained by DM and validate the result with inferences made in ontology for the disease that is under development, verifying the efficiency and effectiveness compared with semantic relations.

REFERENCES

- [1] R. Hartskeerl et al., "Leptospirosis: current status and future trends," *Indian journal of medical microbiology*, vol. 24, no. 4, p. 309, 2006.
- [2] R. B. Reis, G. S. Ribeiro, R. D. Felzemburgh, F. S. Santana, S. Mohr, A. X. Melendez, A. Queiroz, A. C. Santos, R. R. Ravines, W. S. Tassinari, M. S. Carvalho, M. G. Reis, and A. I. Ko, "Impact of environment and social gradient on leptospira infection in urban slums," *PLoS neglected tropical diseases*, vol. 2, no. 4, p. e228, 2008.
- [3] B. M. da Saude, "Guia de vigilância epidemiologica," *Guia de vigilância epidemiologica / Ministerio da Saude, Secretaria de Vigilancia em Saude, Departamento de Vigilancia Epidemiologica*. - 7. ed. - Brasilia : Ministerio da Saude, 816 p. - (Serie A. Normas e Manuais Tecnicos), 2009.
- [4] "Guia de leptospirose: Diagnostico e manejo clinico," *Leptospirose: diagnostico e manejo clinico / Ministerio da Saude, Secretaria de Vigilancia em Saude. Departamento de Vigilancia das Doencas Transmissiveis*. - Brasilia : Ministerio da Saude, 2014.
- [5] P. J. Garc'ia-Laencina, P. H. Abreu, M. H. Abreu, and N. Afonso, "Missing data imputation on the 5-year survival prediction of breast cancer patients with unknown discrete values," *Computers in biology and medicine*, vol. 59, pp. 125-133, 2015.
- [6] J.-Y. Yeh, T.-H. Wu, and C.-W. Tsao, "Using data mining techniques to predict hospitalization of hemodialysis patients," *Decision Support Systems*, vol. 50, no. 2, pp. 439-448, 2011.
- [7] D.-Y. Yeh, C.-H. Cheng, and Y.-W. Chen, "A predictive model for cerebrovascular disease using data mining," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 7, pp. 8970-8977, 2011.
- [8] U. Fayyad, G. Piatesky-Shapiro, and P. Smyth, "From data mining to knowledge discovery in databases," *AI magazine*, vol. 17, no. 3, p. 37, 1996a.
- [9] "The kdd process for extracting useful knowledge from volumes of data," *Communications of the ACM*, vol. 39, no. 11, pp. 27-34, 1996b.
- [10] G. Sahle and M. Meshesha, "Uncovering knowledge that supports malaria prevention and control intervention program in ethiopia," *electronic Journal of Health Informatics*, vol. 8, no. 1, p. e7, 2013.
- [11] A. A. Bakar, Z. Kefli, S. Abdullah, and M. Sahani, "Predictive models for dengue outbreak using multiple rulebase classifiers," in *Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), 2011 International Conference on*. IEEE, 2011, pp. 1-6.
- [12] BIER, Daniele et al. Spatial analysis of the risk of canine leptospirosis in the Vila Pantanal, Curitiba, Paraná, Brazil. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 33, n. 1, p. 74-79, 2013.
- [13] M. Hall, E. Frank, G. Holmes, B. Pfahringer, P. Reutemann, and I. H. Witten, "The weka data mining software: an update," *ACM SIGKDD explorations newsletter*, vol. 11, no. 1, pp. 10-18, 2009.
- [14] A. I. Ko, M. G. Reis, C. M. R. Dourado, W. D. Johnson, L. W. Riley, S. L. S. Group et al., "Urban epidemic of severe leptospirosis in brazil," *The Lancet*, vol. 354, no. 9181, pp. 820-825, 1999.
- [15] A. G. Dean, K. Sullivan, T. Arner, S. Sangam, G. Sunki, R. Friedman, M. Lantinga, J. Zubieta, and D. Smith, "Epi info 2000, a database and statistics program for public health professionals for use on windows 95, 98, and nt computers," Atlanta, GA: Centers for Disease Control, 2000.
- [16] E. Frank, M. Hall, G. Holmes, R. Kirky, B. Pfahringer, I. H. Witten, and L. Trigg, "Weka-a machine learning workbench for data mining," in *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*. Springer, 2010, pp. 1269-1277.
- [17] P. Baldi, S. Brunak, Y. Chauvin, C. A. Andersen, and H. Nielsen, "Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview," *Bioinformatics*, vol. 16, no. 5, pp. 412-424, 2000.

Procesamiento de los resultados obtenidos del trabajo con los foros didácticos alojados en cursos virtuales para someterlos a posterior análisis

Realización de informes automáticos partiendo de los correspondientes ficheros logs

Processing of the Results from Educational Forum of the Virtual Courses in order to Analyze them

Making automatic reports from the log files

Luisa María Romero-Moreno

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos,
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Universidad de Sevilla
Sevilla, España
mariaro@us.es

Fernando Enriquez de Salamanca Ros

Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos,
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Universidad de Sevilla
Sevilla, España
fenros@us.es

Resumen — El *eLearning*, asentado en cada vez más instituciones y empresas, continúa evolucionando y mejorando convirtiendo sus métodos en una herramienta de aprendizaje más flexible y utilizados por un mayor número de profesores. Dentro de la evolución natural de estos métodos ha aparecido la disciplina de las Analíticas del Aprendizaje (LA) y que persigue estructurar y organizar el amplísimo volumen de datos que pueden obtenerse del trabajo realizado en el ámbito educativo que incorpora medios digitales. Se presenta aquí un trabajo cuyo objetivo ha sido el diseño de una pieza de software que a través de un fichero en formato *csv* extraído de un foro de la plataforma *Moodle* ofrece información sobre las interacciones entre los estudiantes de un curso, entre otros datos. Está información viene presentada en un informe de texto y en un archivo de formato *SQL*. Posteriormente con un estudio conveniente de estos informes es posible extraer conclusiones contrastadas del trabajo realizado con estos medios y continuar tratando los datos con otras herramientas.

Palabras Clave – *Analíticas del aprendizaje; aprendizaje colaborativo; interacciones colaborativas; plataformas eLearning* .

Abstract — *Methodology eLearning improves educational and promotes to share and collaborate. This work presents a way to analyze and automate log files from the educational forums in a course of virtual learning systems. We have developed a piece of software to process the logs files. Text reports and database files are produced. Then it is possible to study them and to obtain conclusions about the work of our students in this context.*

Keywords – *Learning analytics; collaborative learning; collaborative interactions; eLearning platform.*

I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza asistida por herramientas informáticas y apoyada en Internet ha experimentado un crecimiento exponencial en la última década. Y el futuro inmediato parece ser que continuará con la misma tendencia. Sirvan como ejemplos el fenómeno MOOC (*Massive Online Open Course*) que desde 2012 ha irrumpido en el panorama de la formación y el dato de que en la India (que según los expertos tendrá en 2025 la mayor población en edad de estudiar del mundo) tiene ya 3,5 millones de estudiantes cursando un grado *online* y con la consideración de que tan sólo un 12 % de su población accede en la actualidad a un grado universitario, situación que su gobierno manifiesta querer cambiar.

Podemos aceptar que esta modalidad de enseñanza alcanza ya a cualquier tipo de aprendizaje, en el ámbito académico, sea universitario o no. Pero también se abre paso y con gran velocidad en el ámbito de la formación que las empresas desean aportar a sus empleados.

Pero como toda experiencia novedosa despierta ciertas expectativas que no siempre se cumplen y también el deseo por parte de profesores y autoridades académicas de evaluarla y tratar de sacar el máximo rendimiento que pueda aportar. Éstas expectativas creadas tienen en muchos casos que ver con el viejo sueño de adaptar la enseñanza a las necesidades propias del alumno y personalizar los procedimientos y evaluaciones. Para comprobar, por casos, qué expectativas se están cubriendo se hace necesario tratar el amplio volumen de datos que se generan como fruto del trabajo en las distintas plataformas.

Este trabajo parte de las interacciones colaborativas que tienen lugar en los foros didácticos alojados en los cursos *online* que se desarrollan en las plataformas *eLearning*. Se ha

desarrollado una pieza de software que trata los ficheros *logs* obtenidos del trabajo con la plataforma *Moodle* y que ofrece sendos informes en formato de ficheros de texto y archivos *SQL* que proporcionan información sobre las interacciones habidas a un nivel general del curso y con particularidad de los alumnos en concreto.

Una vez tenidos estos ficheros los profesores podrán obtener conclusiones sobre el grado de participación y colaboración habido entre sus alumnos e incluso aplicar técnicas estadísticas o del análisis de redes sociales (ARS) a estos y continuar con el estudio de análisis.

II. ANÁLITICAS DEL APRENDIZAJE

Learning Analytics (LA) o Análisis del Aprendizaje es un área emergente que ha tenido predecesora en la Minería de Datos Educativos *Educational Data Mining* (EDM), y que es multidisciplinar, pues en ella confluyen informáticos, profesores, psicólogos, pedagogos e incluso empresas relacionadas con el mundo del aprendizaje. Trata de procesar, analizar e interpretar el volumen de datos generados en el proceso educativo con el objetivo de contribuir a la mejora del aprendizaje.

De cualquier manera los problemas de LA no tienen que ver exclusivamente con la tecnología, sino más bien con la elección de datos relevantes, con la manera de extraerlos y cómo pueden incidir éstos en los comportamientos de profesores y alumnos y con la manera de establecer diagnósticos educativos. En cuanto a los datos a manejar, LA tiene que tratar con los estructurados provenientes de currículos, por ejemplo, y otros no estructurados, como tuits, entradas y comentarios en blogs o mensajes en un foro de una plataforma. Muchos de los elementos que la componen tienen que ver con los que también aparecen en la analítica de webs, las que se hacen con herramientas tipo *Google Analytics*, pero el alcance de LA es mucho más amplio, pues su objetivo último es la adaptación, personalización e intervención educativas [1].

Los interrogantes que circundan a la disciplina son muchos y corren el riesgo de despertar expectativas difíciles de satisfacer. Hay que tener en cuenta que se puede tratar de un amplio volumen de datos y que los realmente útiles pueden mezclarse con otros irrelevantes. También puede constituir un problema los formatos de los distintos datos que van llegando, así como las herramientas y técnicas usadas en su procesamiento que pueden o no evidenciar las conclusiones que han de extraerse para su aplicación a la mejora de la enseñanza [2]. Pero las ventajas de un uso adecuado pueden aportar resultados estimulantes que ayuden a la innovación educativa.

En cuanto a las fuentes de datos pueden ser desde bases de datos institucionales a ficheros provenientes de interacciones entre estudiantes y profesores en un curso virtual, así como resultados del trabajo colaborativo en foros didácticos. También los datos pueden provenir de actividades al margen de las clases así como fruto de tareas informales colaborativas entre estudiantes [2]. Es decir, los datos pueden provenir de diversas fuentes, pero ha de animar, para encontrarse en el ámbito de LA, que todo el procesamiento de estos datos debe

de culminar en más conocimiento sobre metodologías didácticas [3].

III. APRENDIZAJE COLABORATIVO

Computer Supported Collaborative Learning (CSCL), es una disciplina que ha evolucionado desde una situación anterior a la aparición de Internet hasta pasar a integrar en sus métodos y procedimientos las plataformas *eLearning* y otras herramientas de aprendizajes alojadas en la Red.

Se basa en la educación constructivista y pretende estudiar los procesos de enseñanza aprendizaje que se producen cuando dos o más estudiantes colaboran en su trabajo compartiendo procedimientos, ideas, análisis o reflexiones. Se plantea en ocasiones tomar el grupo, en este caso el curso, como una unidad de análisis.

Entre sus interrogantes fundamentales es de dilucidar si el aprendizaje individual es más eficiente que el que se produce en grupos colaborativos o viceversa. Y sobre todo aportar análisis en que se evidencie con qué métodos se logra que la colaboración sea un valor añadido en el proceso educativo [4].

IV. INTERACCIÓN COLABORATIVA

Nos acercaremos al CSCL por las Interacciones Colaborativas (IC) que han de producirse en los foros didácticos de los cursos virtuales. Y hemos de definir las convenientemente para poder explicar después los experimentos.

El foro se configura en un curso virtual como una herramienta didáctica de primera categoría. En ellos se anuncian trabajos, se proponen prácticas y ejercicios por parte del equipo docente y se dan las directrices de la evaluación. Todo ello ha podido anunciarse convenientemente en otros medios del curso, pero es en el foro donde se aclaran situaciones y conceptos por parte del equipo docente. Pero además, y sobre todo, los alumnos colaboran contestando a dudas de sus compañeros, planteando otras e intercambiando trabajos, enlaces y bibliografía. Se forma así, un *micromundo de colaboración* que simula a los tradicionales grupos de trabajo formados en las bibliotecas universitarias. En (Fig.1) puede verse un esquema de lo aportado por los foros.

Se trata de una *interacción asincrónica*, y se produce cuando los estudiantes, guiados o no por un profesor o tutor, contestan a preguntas o consideraciones que han formulado otros. Nos movemos en el contexto de un curso con su equipo docente, a cargo de al menos un tutor, y alojado dicho curso en una plataforma *eLearning*.

El tratamiento de estas interacciones y sus tipos se producirá posteriormente con la aplicación de técnicas convenientes, que pueden ser estadísticas o de Análisis de Redes Sociales entre otras [5].

De los resultados obtenidos puede comprobarse la colaboración establecida, datos sobre la marcha del curso y la posibilidad de detectar alumnos que podrían con los correspondientes incentivos servir de apoyo a los equipos docentes para frenar el desaliento y abandono de los alumnos con más dificultades. Es posible así, apoyar la enseñanza virtual con la figura del *Alumno de apoyo en Red*.

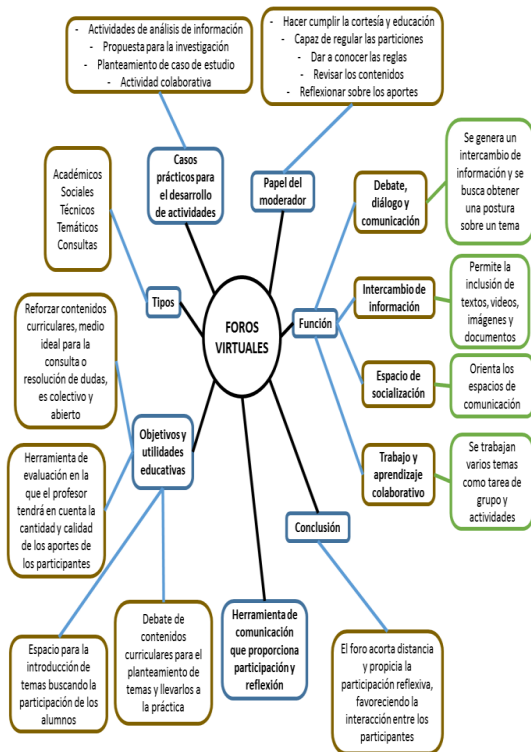


Figure 1. Esquema de la aportación Foros didácticos

V. PREPROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Como venimos diciendo, se parte de los registros o *logs* que se generan en los foros de la plataforma Moodle (pero hemos de decir que podría ser cualquier otra). Estos ficheros guardan gran cantidad de información sobre las distintas actividades que se realizan dentro de un curso por parte de sus participantes, tanto alumnos como profesores y administradores. El objetivo es tratar y analizar la información de las interacciones de los alumnos contenidas en ellos. Éstos son tomados como fuente de datos de la cual extraer cierta información sobre la interacción que se produce entre los alumnos a través de la generación tanto de un informe de texto con todos los datos posibles como de un *script SQL* el cual puede usarse para generar una base de datos para la realización de las consultas deseadas sobre los datos de dichos *logs*.

La plataforma Moodle guarda cada acción que realiza un usuario dentro del sistema. En nuestro experimento, cada visita al foro o a un tema en concreto realizado por un alumno, profesor o administrador es guardado en una base de datos relacional con tecnología *MySQL*. Las bases de datos son más potentes y flexibles que los archivos de texto a la hora de mantener de forma ordenada los accesos e información del uso

a alto nivel de todos los servicios que proporciona la plataforma. Pero el problema de esta base de datos es que consta de más de 250 tablas en las versiones de Moodle superiores a la 2.0 lo que nos lleva a necesitar un pre-procesamiento para obtener los datos relevantes. Acabaremos obteniendo una base de datos de dos tablas junto con un informe de texto adicional local es mucho más manejable para el Equipo Docente que está al frente de los cursos y para continuar con el proceso de análisis de datos.

Estos registros o *logs* de los foros se pueden descargar de manera independiente pudiendo filtrar ese registro por formato, fecha, alumno, curso o actividad. En concreto los registros de un foro tienen cuatro posibilidades de ser visualizados o descargados: mostrados en pantalla en la propia plataforma, mediante la descarga de un archivo de texto o una hoja de cálculo, o las tablas en formato libre (*csv*).

Los distintos campos que componen el fichero son:

- A. - *Curso*: Nombre del curso
- B. - *Fecha*: fecha completa y hora en la que se produjo la acción.
- C. - *Dirección IP*: Dirección IP desde la que se realizó la acción.
- D. - *Nombre completo el usuario*: Nombre y apellidos del usuario
- E. - *Acción*: Se corresponde con la acción realizada por el alumno en el foro pudiendo ser:
 - *forum view forum*: El usuario vio el foro general.
 - *forum view discussion*: El usuario vio un tema en concreto.
 - *forum add discussion*: El usuario ha creado un tema.
 - *forum add post*: El usuario ha respondido a otro usuario.
- F. - *Información*: Según sea la acción, la información será diferente:
 - Si la acción fue *forum view forum*: Nombre del foro general.
 - Si la acción fue *forum view discussion*: Nombre del tema que está viendo.
 - Si la acción fue *forum add discussion*: Nombre del tema que creó.
 - Si la acción fue *forum add post*: Nombre del usuario al que responde.

VI. PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

El tratamiento realizado con estos datos se ha realizado con tecnología Java y genera una base de datos *MySQL* y un informe completo en base al fichero *csv* de entrada.

Esto permite al Equipo Docente disponer de un informe en forma de texto y una base de datos que le permite un posterior tratamiento muy sencillo de estos datos. Aplicar herramienta

que haga un tratamiento a estos archivos y que a su vez sirva a los profesores para que puedan observar sin mayores dificultades un informe completo sobre sus alumnos, así como tener también a su disposición una base de datos de sencillo uso con las que realizar consultas o utilizarlas en otros programas que permitan un tratamiento posterior y la obtención de resultados sobre los cursos.

VII. RESULTADOS

Una vez tenido el fichero *csv* el profesor tiene la posibilidad de conocer por curso el tamaño de dicho fichero, número de alumnos e hilos creados en el foro. Ya con esta sencilla información puede verse que no hay una correlación entre tamaño de fichero y número de alumnos y temas creados. Es decir, el dinamismo en cuanto a la colaboración es muy cambiante por grupos. Mostramos el caso que se ha dado con la comparación de tres cursos:

Curso asignatura perfil de Matemáticas

- Temas creados: 32
- Alumnos: 30
- Líneas del fichero *csv*: 1200

Curso asignatura perfil Economía:

- Temas creados: 40
- Alumnos: 30
- Líneas del fichero *csv*: 1806

Curso asignatura perfil Literatura:

- Temas creados: 14
- Alumnos: 30
- Líneas del fichero *csv*: 2162

Curso asignatura perfil Historia:

- Temas creados: 18
- Alumnos: 40
- Líneas del fichero *csv*: 2630

Como podemos apreciar por estos datos, el foro del curso de Historia es el que genera un fichero *csv* de mayor tamaño. Este foro, como se observa, tiene un menor número de temas creados con respecto a los otros tres foros, no obstante es el que ha generado un fichero *csv* de mayor tamaño ya que gracias al mayor número de alumnos (40) se han generado un mayor número de interacciones entre ellos en el momento de la realización manual de los foros. Por tanto, los resultados mostrados a continuación serán los del tratamiento realizado a este fichero.

VIII. INFORME DE TEXTO

Este primer archivo es un informe guardado como archivo de texto (formato *.txt*) el cual contiene toda la información posible sobre las interacciones de los distintos alumnos en el foro de manera legible. Contiene una primera sección en la que se incluye un informe general de todos los datos recogidos:

- Interacciones totales: suma total de las respuestas y los temas creados por todos los alumnos.
- Temas creados: número total de temas creados por los alumnos.
- Respuestas: número total de respuestas que han realizado todos los alumnos.
- Vistas al foro: número total de visitas al foro general por parte de todos los alumnos.
- Vistas a tema: número total de visitas a los diferentes temas por parte de todos los alumnos.

Después, el informe contiene un apartado para cada alumno en el que se incluyen los datos anteriormente mencionados pero individualizados. Además se incluyen dos desgloses divididos por alumnos: uno de todas las respuestas enviadas por el alumno y otro para las respuestas recibidas por parte del resto de alumnos.

Como se puede observar el informe resulta ser una importante fuente de información con respecto a la interacción de los alumnos dentro de un foro. Pudiendo observarse quienes son los alumnos que más participan, que más visitan el foro o quienes reciben mayor cantidad de interacciones entre otros datos. En la tabla siguiente se contrasta los aspectos individuales y colectivos que da el archivo de texto.

TABLE I. INFORME DATOS COLECTIVO VS. PARTICULARES

Texto	Inter Total	Temas creados	Respuest.	Vistas foros	Vistas temas	Int. Prod.	Int Recí.
Alumn	√	√	√	√	√	√	√
Grupo	√	√	√	√	√	-	-

IX. INFORME DE BASES DE DATOS

El otro archivo consiste en un script *SQL* para poder ser creada una base de datos dentro de cualquier herramienta de administración. Ésta consta de dos tablas con todos los datos introducidos para poder extraer información en forma de consultas como veremos más adelante:

- Tabla alumnos con las siguientes columnas: *idalumno*, nombre, interacciones, temas, respuestas, vistas al foro, vistas a los temas. En esta primera tabla, cada fila contiene los datos totales por alumno.
- Tabla respuestas con las columnas: *idalumnoFROM*, *idalumnoTO* y número de respuestas. Cada fila representa el número de respuestas totales que un alumno da a otro.

Con este fichero *SQL* que hemos generado podemos crear la base de datos usando el script *SQL* contenido en el mismo y así poder buscar información mediante consultas o usar la base de datos en otros programas.

Es posible realizar diversas consultas por parte de profesores e instituciones implicadas en la realización de los cursos. Como ejemplo de posibles resultados se presentan las siguientes consultas:

Consulta 1: Suma de todas las interacciones de los alumnos y datos del foro (Fig. 2)

SUM(interacciones)	SUM(temas)	SUM(respuestas)	SUM(vistasforo)	SUM(vistastemas)
845	18	827	128	1656

Figure 2. Ejemplo de una consulta con datos generales

Consulta 2: Numero de respuestas recibidas agrupadas por alumnos (Fig. 3)

idalumnoTO	nombre	SUM(numerorespuestas)
1	Cristina Palmer	3
2	Sonia Morales	7
3	Juan Antonio Alvarez	2
4	Laura Cimpean	22
5	Carmen Baldo	81
6	Carlos Canales	21
7	Maria Cámara	6
8	Fernando Gil	4
9	Pedro Valiente	22
10	Jorge Senent	8
11	Juan Antonio Rodriguez	14
12	Carlos Pagés	4
13	Carmenu Arandilla	40
14	Javier Concepción	4
15	Rosa María Carrasco	41
16	Juan Antonio Silva	8
17	José Murillo	23
18	María Dolores Rodríguez	4
19	Juan Joséu Alfaro	8
20	David Pérez	34

Figure 3. Ejemplo de una consulta con datos generales pero agrupadas por alumnos

Consulta 3: Respuestas recibidas por un alumno concreto de todo el grupo (Fig. 4)

idalumnoTO	idalumnoFROM	nombre	numerorespuestas
5	1	Cristina Palmer	3
5	2	Sonia Morales	5
5	3	Juan Antonio Alvarez	1
5	4	Laura Cimpean	1
5	5	Carmen Baldo	4
5	6	Carlos Canales	3
5	7	Maria Cámara	3
5	8	Fernando Gil	2
5	9	Pedro Valiente	3
5	10	Jorge Senent	4
5	11	Juan Antonio Rodriguez	1
5	12	Carlos Pagés	2
5	13	Carmenu Arandilla	2
5	14	Javier Concepción	1
5	15	Rosa María Carrasco	6
5	16	Juan Antonio Silva	2
5	17	José Murillo	5
5	18	María Dolores Rodríguez	1
5	19	Juan Joséu Alfaro	3
5	20	David Pérez	1
5	23	Josefa San Millan	2
5	24	Rafael Valbuena	2
5	27	Montserrat Puig	3
5	30	Rosa Gutiérrez	2
5	31	Silvia González	3
5	32	Cristina Blasco	2
5	33	Josefa Caro	5
5	36	Carmen Carrascoso	2
5	38	Sergio Gil	4
5	39	María Begoña San Juan	3

Figure 4. Ejemplo de una consulta recibiendo datos generales pero para un alumno concreto

Consulta 4: Respuestas dadas por un alumno concreto a todo el resto del grupo (Fig. 5)

idalumnoFROM	idalumnoTO	nombre	numerorespuestas
	2	Carmen Baldo	5
	2	Carlos Canales	2
	2	Pedro Valiente	3
	2	Jorge Senent	3
	2	Carlos Pagés	2
	2	Javier Concepción	2
	2	José Murillo	2
	2	Juan Joséu Alfaro	2
	2	Lucia Fenoy	2
	2	Josefa San Millan	1
	2	Rafael Valbuena	2
	2	Francisco Moreno	2
	2	Montserrat Puig	1
	2	Juan Gascón	1
	2	Sergio Giraldez	4
	2	Josefa Caro	1
	2	Carmen Carrascoso	1
	2	Sergio Gil	1
	2	Nuria López	1

Figure 5. Ejemplo de otra consulta dando datos generales pero para un alumno concreto

En este punto tras visualizar el informe o manejar la base de datos en busca de información relevante, el profesor o gestor del curso podría evaluar la información que recibe tras el tratamiento de los datos y tomar las decisiones oportunas si llegase a observar falta de actividad, interés o nula interacción por parte de algunos estudiantes. No obstante, otros muchos factores tendrían que tenerse en cuenta para detectar la actividad completa de los estudiantes como, por ejemplo, el número de veces que abren o descargan los documentos del curso o el número de veces que realizan las diferentes actividades que ofrece el curso y no tener en cuenta solo la actividad de los foros de discusión.

X. CONCLUSIONES

El trabajo presenta un análisis de datos extraídos de los foros de una plataforma *eLearning*, en este caso la plataforma *Moodle* a través de una aplicación Java dónde se ha generado un informe y un *script* con tecnología *SQL* para su análisis. Los informes obtenidos arrojan datos sobre los cursos que permiten a los docentes mejorar los cursos, evaluar la colaboración de los alumnos y, en definitiva un buen seguimiento de los cursos.

La plataforma elegida es la que tiene un mayor número de usuarios actualmente, ya que se adapta mejor a los cursos basados en la interacción de los participantes. No obstante, otras como *Sakai*, cuyo número de usuarios sigue creciendo en el ámbito de las Universidades europeas, también pueden servir para aplicación de la metodología. En general, estas plataformas ofrecen sistemas estadísticos o de visualización de registros muy modestos e incluso no suelen traerlos integrados en el propio sistema como tampoco suelen incluir herramientas de análisis de datos lo que dificulta en gran medida un análisis profundo de la situación de los cursos y hace necesario el que se desarrollen metodologías de análisis complementarias.

La evolución del *eLearning* debida a la incorporación de elementos nuevos como pueden ser las Redes Sociales, las comunidades de aprendizaje, incorporación del fenómeno móvil a la enseñanza y aparición de nuevas herramientas que se van integrando en las plataformas hace preciso la utilización

por parte de docentes y autoridades académicas de potentes herramientas de análisis de datos dentro de los cursos o en el contexto de las actividades de aprendizaje, ya que en caso contrario se estaría perdiendo una valiosa información sobre el uso de los recursos, socialización, desempeño, progreso que ayudarían a nuevos pasos dentro del *eLearning* como modelo de enseñanza.

Ante todo lo dicho anteriormente proponemos la realización de tratamientos, análisis y estudios estadísticos así como la creación de algoritmos en los cuales se usen métodos como árbol de decisiones, redes neuronales, regresión estadística e incluso cálculo de probabilidades con el objetivo de crear potentes herramientas estadísticas para su uso dentro de plataformas que incluyan también la creación de modelos predictivos que mejoren la eficiencia de los cursos ofrecidos por las plataformas. Por último, y como hemos dicho anteriormente, el objetivo de todo ello es, por una parte aumentar la eficiencia de los cursos gracias al análisis de estos datos, pero sobre todo conseguir que, gracias a estos análisis la enseñanza *online* continúe avanzando y evolucionando gracias a estos estudios de los datos consiguiendo, en definitiva, que el aprendizaje sea lo más accesible y didáctico posible.

En cuanto a la tecnología usada sería conveniente complementarla con la posibilidad de tratar con tablas tipo grafo y matrices de adyacencia y añadir una base de datos orientada a grafos pues nos aportaría:

- Consultas más amplias y no delimitadas por tablas
- No habría que definir un número determinado de atributos
- Los registros podrían ser de longitud variable, evitando tener que definir un tamaño y también posibles fallos en la base de datos

- Se podría recorrer directamente la base de datos de forma jerárquica

No obstante, el uso de este tipo de bases de datos orientadas a grafos es escasa debido también a la simplicidad y facilidad de uso del modelo relacional y a que la cantidad de herramientas que usan este tipo de base de datos es muy pobre. También está que su uso puede resultar menos amigable para el profesorado en general, al menos, en el corto plazo.

Pero sobre todo nos gustaría insistir en que estos informes en formato base de datos aportarían la posibilidad de continuar con un tratamiento posterior con las técnicas y herramientas presentadas a lo largo del trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] L. M. Romero-Moreno, "Sistemas virtuales de Formación Colaborativos: Una metodología de Análisis de sus Herramientas", JUNTA DE ANDALUCÍA, Dirección general de Universidades, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, I.S.B.N.: 978-84-88058-09-6, 2008.
- [2] L.M. Romero-Moreno, "La plataforma Moodle: una herramienta de código abierto para la formación y colaboración en los campus virtuales", JUNTA DE ANDALUCÍA, Dirección general de Universidades, Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa, I.S.B.N.: 978-84-616-2423-3, 2012.
- [3] J. Sancho, "Nuevas Posibilidades de Aprendizaje por Proyectos Colaborativos Masivos mediante Learning Analytics: un Análisis de Caso", VAEP-RITA, vol 3, num 4, 2015, pp. 199-209.
- [4] J. P. Campbell and D. G. Oblinger, "Academic Analytics" in Educuse, 2007, pp. 1-20.
- [5] M. Zapata-Ros, "Analítica de aprendizaje y personalización", revista Científica de Tecnología Educativa, vol. 2, n. 2, ISSN. 2255-1514, 2013, pp. 88-118.

Can we detect English proficiency through reading behavior? A preliminary study

Inês Garganta Silva, Carla Teixeira Lopes

INESC TEC and
DEI, Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
{ei10162,ctl}@fe.up.pt

Maria Ellison

Faculty of Arts, University of Porto
Porto, Portugal
mellison@letras.up.pt

Abstract — If it were possible to automatically detect proficiency in languages using data from eye movements, new levels of customizing computer applications could possibly be achieved. An example in case is web searches where suggestions and results could be adjusted to the user's knowledge of the language. The objective of this study is to compare the reading habits of users with high and low English language proficiency, having in mind the possible automatic detection of the English proficiency level through reading. For this purpose, a study was conducted with two types of user, those with a high level of proficiency (Proficient Users), and those with low proficiency (Basic Users) in the English language. An eye-tracker was used to collect users' eye movements while reading a text in English. Results show that users with high proficiency engage in more careful reading. In contrast, low English proficiency users take more time to read, revisit sentences and paragraphs more often, have more and longer fixations and also a higher number of saccades. As expected, these users have more difficulties in understanding the text.

Keywords – human-computer interaction; eye-tracker; English proficiency; user study.

I. INTRODUCTION

Screen reading has grown considerably in recent years. As an essential daily activity in most people lives, this action has become an object of study. This is visible in a number of investigations that try to comprehend the way we read. This research has numerous goals, from trying to understand types of reader [1], to what font type facilitates or hinders the reading process [2], see [3] for more details.

Eye tracking is the process of measuring either the point of gaze (where one is looking) or the motion of an eye in relation to the position of the head. An eye-tracker is a device for measuring eye positions and eye movements. Consequently, studies may be conducted which involve the collection and analysis of eye movements.

When reading, looking at a picture or landscape, or searching for an object, we continually make eye movements known as 'saccades' [4], which can reach velocities as high as 500° per second. Between saccades, our eyes remain relatively stationary, a state known as fixation which may last about 200-300 ms [4]. Saccades carry the gaze forward in a text. Fixations can be on a word or word group and indicate that the brain is processing the visual information [2]. Longer fixations may indicate a greater effort to understand the text. About 10 to 15 per cent of the saccades are regressions, which are right-to-left

movements along the line, or movements back to previously read lines [4]. According to Reyner "Many regressions tend to be only a few letters long and could be due making too long of a saccade, in which case a short saccade to the left may be necessary for reading to proceed efficiently. Short within-word regressive saccades may also be due to problems that the reader has with processing the currently fixated word. Longer regressions (more than 10 letter spaces back along the line or to another line) occur because the reader did not understand the text." [4].



Figure 1. Key eye-tracking measures (Taken from [8])

This study aims to compare the reading habits of users of low and high proficiency in English language using eye-tracking reading statistics. Our ultimate goal is to determine if it is possible to automatically detect the proficiency of users while reading a text on a computer screen. If this is possible, new levels in customizing computer applications in search engines on the web where suggestions and results could be adjusted to the user's knowledge of the language may be achieved.

We begin this article with a literature review about the use of eye-tracking devices to study reading behavior in different contexts. This is followed by a description of the current study, the main findings, and finally, our conclusions.

II. EYE-TRACKING TO STUDY READING BEHAVIOR

Several studies have been conducted into the reading methods or patterns of native and non-native readers without the use of the eye-tracker device ([9], [10], [11], [12]). These reveal differences in comprehension scores and reading strategies used.

The eye-tracker measures eye positions and movements which allows for the study of the reading pattern of users.

A variety of studies have been carried out using the eye-tracker device which demonstrate that the eye movements are

related to the difficulty of the text passage and inconsistencies in the text [5]; another presents an analysis on how the inclusion of images, which may or not be related to the text, affect online reading [7]; other article presents a study on how font size and type can affect online reading [2]; and further studies analyse the cognitive processes involved in reading tests [8] [13].

The studies mentioned above have different objectives from ours. However, there are others with similar objectives. One of them presents a framework which may be used to detect the level of understanding and proficiency level of a reader in a given language using the reading behavior analysis obtained by eye movements. Thus, the hypothesis was that: "A combination of eye-movement features and document characteristics are predictive of language skill and level of understanding." [1]. The authors tested factors such as the number of fixations, time of reading, average time of fixations, average scanpath length and number of regressions. The study consisted of two parts: (1) Analysis based on the proficiency level that the participants claim to have in English; (2) Analysis based on the results of tests to determine the exact English proficiency of the tested participants.

One of the main difficulties encountered in this study was the level that the participants said they had in English, since it did not correspond with the results obtained in the tests. In this way, the authors fail to reach conclusive results.

No significant result emerged for the exact quantification of different English proficiency levels. The authors reached only one significant result in the discrimination between readers with low and high level of understanding. Readers with lower level of understanding had larger average fixation durations and large variance in this duration. They also had smaller saccade median length and fixation mean acceleration.

Another article compares the online reading pattern and comprehension by readers of type L1 (English as their mother language) and readers of type L2 (English as a second language). Three research questions specifically addressed online reading efficiency and effectiveness: "Rapid" – How fast can L1 and L2 readers read?; "Purposeful" – What do L1 and L2 readers read and how much do they read? "Comprehending" – How well do L1 and L2 readers perform on reading comprehension tests?[6]. The results showed that not only are there no differences in understanding the texts between the two groups of readers, but there is also a similarity between the distribution of attention by stimuli and by the content read. The only difference that is important to highlight is the average reading time of the L2 group which is 62% higher than the L1 group [6].

In the current study we use measures that are not tested in these articles and have an *a priori* knowledge of the English proficiency level of the participants which allows us to recruit only those with low and high proficiency levels.

III. USER STUDY

To achieve our goals, we conducted a user study with the Red 120hz eye-tracker from the SensoMotoric Instruments (SMI).

In order to select users for both groups, we asked about 83 students to answer an English proficiency test used and validated by the Faculty of Arts of the University of Porto. This test places users in the Common European Framework (CEF) levels. The set of students was composed by 43 students were enrolled in the 5th year of the Masters programme in Informatics Engineering and 40 students were enrolled in the 3rd year of the under-graduate degree in Information Science.

Based on the results of this test, we selected the basic and proficient users according to the CEF reference. Of the group with low proficiency, 13 Basic Users (grades <10) were recruited and a further 12 Proficient Users (grades >16). All students were Portuguese and all but one (aged 52) are aged between 20 and 25 years and have studied English as a foreign language. Of these 16 have female gender and 9 male gender. The age distribution is showed in Fig. 2.

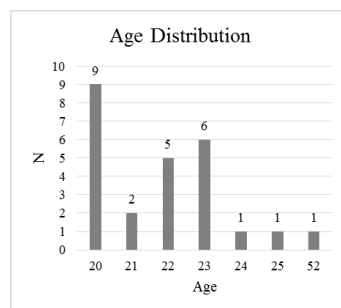


Figure 2. Age Distribution

The experiment was divided into four stages and had no time limit. The goals of the study and how the experiment would be performed were explained to all students. In order to illustrate the procedure of the experiment, we asked users to read a very small text (Fig. 3) on the computer screen to show them what the experience would be like. This allowed us to clarify any doubts users might have.

The third stage was the actual experiment which consisted of asking the user to read a selected text of intermediate difficulty on a computer screen. This text, as well as the first mentioned, were selected from a pedagogical book for English teaching, the "Cambridge First Certificate in English 3 for Updated Exam Student's Book with answers - Examination Papers from University of Cambridge ESOL Examinations", with ISBN: 9780521739306. The Fig. 3 text was withdrawn from page 2 and the Fig. 4 text, entitled "Gary and Me", from page 52.

The second text was formatted with Times New Roman and a font size of 32 pt. It was divided into 3 pages and each page was the size of the screen. The final page of both the experiment test and the real experiment contained only the expression "The End" marking the end of the text. This was used to allow the intervening return to re-read the text if they thought necessary. This way, the experiment was not ended prematurely. After the participant read and reread what they wanted, they would end the experiment by answering a multiple choice questionnaire. This questionnaire was

withdrawn from the same book as the text, the book also provided the questionnaire answers, which were used to correct the responses given by the participants. The questionnaire allow us to assess how well they understood the text.

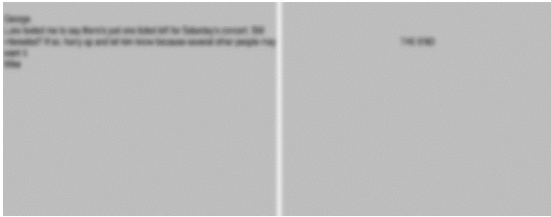


Figure 3. Experiment-test text (intentionally blurred for copyright issues).



Figure 4. Real experiment text (intentionally blurred for copyright issues).

IV. RESULTS AND ANALYSIS

For the analysis, were considered twenty-nine reading metrics. They were divided in full text metrics and paragraph/phrase metrics, allowing to study the reading patterns in the all text and also by paragraphs and phrases.

The metrics studied can be seen in Tables I and II.

TABLE I. PARAGRAPH AND PHRASE METRICS

Category	Description
<i>Revisits</i>	The revisits are the number of revisits to the paragraphs/phrases.
<i>First Fixation Duration</i>	The first fixation duration is the duration of the first look at a paragraph or phrase measure in ms.
<i>Average Fixation Duration</i>	The average fixation duration is the average fixation time in ms.
<i>Dwell Time</i>	The dwell time is the sum of durations from all fixations and saccades that hit the paragraphs/phrases measures in ms.
<i>Glance Duration</i>	The glance duration is the sum of the dwell time plus the duration of the entering saccade measure in ms.

TABLE III. FULL TEXT METRICS

Category	Metric	Description
<i>End Time</i>		The end time is the total time of the experiment in ms.
<i>Fixation</i>	<i>Count</i>	The fixation count counts the total number of fixations.
	<i>Frequency</i>	The fixation frequency measures the number of fixations per second.
	<i>Duration</i>	The fixation duration measures how long a fixation lasts in ms. Analysed statistics: sum, average, maximum and minimum.
	<i>Dispersion</i>	The fixation dispersion measures the length of the distribution path in px. Analysed statistics: sum, average, maximum and minimum.
<i>Saccade</i>	<i>Count</i>	The saccade count counts the total number of saccades.
	<i>Frequency</i>	The saccades frequency measures the number of saccades per second.
	<i>Duration</i>	The saccade duration measures how long a saccade lasts in ms. Analysed statistics: sum, average, maximum and minimum.
	<i>Amplitude</i>	The saccade amplitude measures the amplitude of the saccades in degrees. Analysed statistics: sum, average, maximum and minimum.
	<i>Velocity</i>	The saccade velocity measures velocity of the saccades in degrees per second. Analysed statistics: sum, average and maximum.
	<i>Latency</i>	The saccade latency measure the average latency of the saccades in ms.
<i>Scanpath</i>		The scanpath is the total length of the eye path in px.

To collect and analyse the data of the experiment we used the SMI Experiment Center 3.5 and the SMI BeGaze 3.5. The system first calibrates the eye-tracker to the subject using 5 points.

To determine if the differences between the two groups found were significant or not, we first checked if we could apply a parametric test. We applied the Shapiro-Wilk test to see if the groups followed a normal distribution, and the Levene test to analyze the homogeneity of variances. If the data met the assumptions of a parametric test, we applied the two independent sample t-test. If not, we applied the Mann-Whitney test. Any result with a p-value under 0.05 was considered significant.

Differences between the readings of the two groups were found. Only significant results are presented in the tables; the graphs show both significant (in green) and non-significant results.

Fig. 5 is a Heat Map, which displays a range of colors from grey through to green and to red to represent the aggregate amount of time a participant spends focusing on a particular area of the input [8]. Red represents an area with a lot of frequency (hot) and grey means a low or even zero frequency (cold). As can be seen in the figure, the Proficient Users group has a more homogeneous and embracing reading of the text (wider green, yellow and red zones) than the Basic Users group, where we can find cold zones in the text area (grey and blue zones).

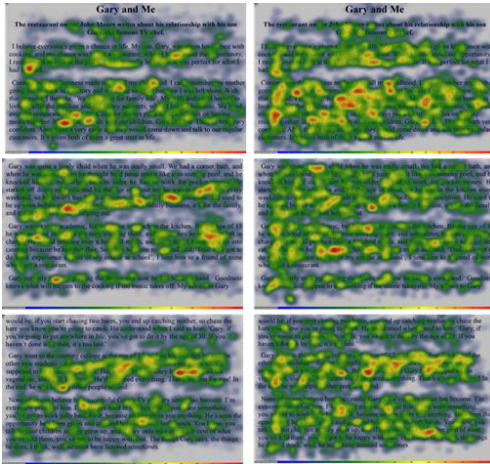


Figure 5. Heat Map of the stimulus. The left images are from the group of Basic Users and the ones on the right are from the Proficient Users' group.

In Table III we can see that the Basic Users group has a total reading time of about 3 times higher than the Proficient Users. It also shows that the Basic Users group had more fixations and spent twice as much time on these. This indicates that the former had more difficulties in processing information than the latter group. Regarding the fixation duration maximum and the fixation dispersion total metrics, we found that the Basic Users group needed more time and had more difficulty in processing information than the Proficient Users group. The results of the number of saccades and their total velocity indicates that the Basic Users group wandered over the text and reread more parts (more regressions).

TABLE III. SIGNIFICANT DIFFERENCES BETWEEN GROUPS

Measures	Basic Users	Proficient Users	P-value
<i>End Time [ms]</i> **	391533	123909	6,15E-04
<i>Fixation Count</i> **	16591	10134	7,88E-03
<i>Fixation Frequency [count/s]</i> **	2,9	3,6	4,80E-03
<i>Fixation Duration Total [ms]</i> **	4489068,4	2212148,7	2,25E-03
<i>Fixation Duration Average [ms]</i> *	270,6	218,3	4,34E-02
<i>Fixation Duration Maximum [ms]</i> **	3683,2	1100	6,61E-04
<i>Fixation Dispersion Total [px]</i> *	1208710,7	685888	4,78E-03
<i>Fixation Dispersion Average [px]</i> *	72,9	67,7	4,88E-02
<i>Saccade Count</i> **	16962	10260	7,54E-03
<i>Saccade Frequency [count/s]</i> *	3	3,7	1,99E-02
<i>Saccade Duration Total [ms]</i> **	738658,4	429603,9	1,21E-02
<i>Saccade Amplitude Total [A°]</i> **	116760,2	62696,5	1,46E-02
<i>Saccade Velocity Total [A°/s]</i> **	1667480,6	1017755,4	9,39E-03
<i>Saccade Latency Average [ms]</i> *	290,2	224,7	1,14E-02

(*p-value <0.05; **p-value <0.01)

In this study part the measures were analysed by paragraph (Table IV) or phrase (Table V) instead of considering the complete text.

It can be observed that in both cases all variables are higher in the Basic Users group. This indicates that the Basic Users group took longer on each of the text components and also had a higher number of revisits in these. These results corroborate the results shown in Table III.

TABLE IV. RESULTS WITH STATISTICAL SIGNIFICANCE [PARAGRAPHS]

Measures	Basic Users	Proficient Users	P-value
<i>Glance Duration [ms]</i> **	23960,11	10971,52	1,27E-03
<i>Revisits</i> **	31,59	16,48	2,15E-05
<i>Average Fixation [ms]</i> **	3000,56	1918,75	4,00E-03
<i>Dwell Time [ms]</i> **	22432,67	10150,96	2,01E-03

(*p-value <0.05; **p-value <0.01)

TABLE V. RESULTS WITH STATISTICAL SIGNIFICANCE [PHRASES]

Measures	Basic Users	Proficient Users	P-value
<i>Glance Duration [ms]</i> **	23207,24	10692,92	3,25E-15
<i>First Fixation Duration [ms]</i> *	3015,42	1960,48	3,53E-02
<i>Revisits</i> **	33,03	17,66	2,2E-16
<i>Average Fixation [ms]</i> **	3012,66	1951,23	1,33E-09
<i>Dwell Time [ms]</i> **	21600,51	9832,27	6,17E-14

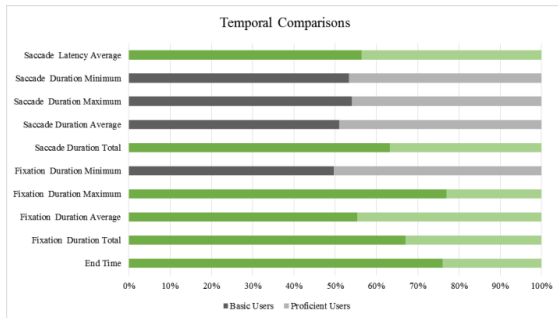
(*p-value <0.05; **p-value <0.01)

The results of the questionnaire (Table VI) have statistical significance. This shows that though the Basic Users group, took longer to read and reread the text, they did not understand well.

TABLE VI. AVERAGE, MAXIMUM AND MINIMUM GRADES OF EACH GROUP

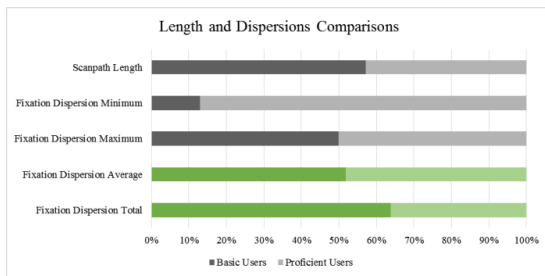
Measures	Basic Users	Proficient Users	P-value
Grades Average	7,14	15,56	9,023E-06
Grades Maximum	10	20	NA
Grades Minimum	0	13,33	NA

Graph 1 shows that the Basic Users group always had a larger length of time in the studied factors than the Proficient Users group (except for the fixation duration minimum).



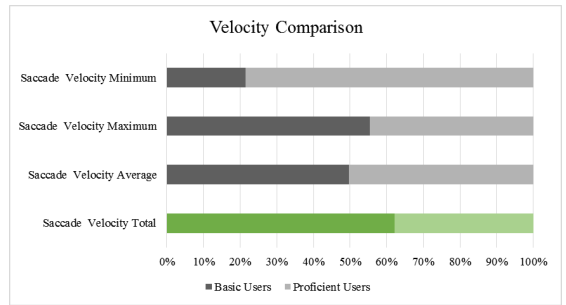
Graphic 1. Temporal Comparisons

Graph 2 compares the scan path length between the two groups. Here we see that although this result is not statistically significant, it is considerably higher for the Basic Users group indicating that they reread the text more times.



Graph 2. Length and Dispersion Comparisons

Graph 3 illustrates the data collected from the saccades and reveals that although the average velocity of the saccades is similar in both groups, the total velocity is significantly different, which is superior for the Basic Users group, as already stated above.



Graph 3. Velocity Comparisons

V. CONCLUSIONS

In this study we compared the reading habits in English for users with low and high proficiency in this language. The heat map shows that the Proficient Users demonstrates more careful reading, since the heat pattern is better distributed through the text. Regarding total time reading, the Basic Users group has a value about 3 times that of the Proficient Users group. The number and average duration of the fixations are, once again, bigger for the Basic Users group, showing a major difficulty in text processing. Regarding the number of saccades, this is highest for the Basic Users group, which indicates, possibly, a bigger number of regressions in reading. The time pauses and revisits to each paragraph and sentences in the text, bigger by the Basic Users group corroborate the previous results. Finally, the result from the questionnaire (which served to test the level of understanding of the text read), revealed a large discrepancy in the difficulty of text comprehension by the Basic Users group compared to the Proficient Users group.

From this study it is concluded that there are significant differences in the reading patterns among users with high proficiency and low proficiency in English. This is preliminary work which contributes to the automatic detection of language proficiency through screen reading. In the future, we would like to conduct this study with a larger sample and analyze how well the features associated with the significant differences can be used to predict proficiency in English.

ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the Portuguese government, through the National Foundation for Science and Technology – FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia), the European Union (COMPETE, QREN and FEDER) through the project REC I/EEI-SII/0360/2012 entitled “MASSIVE - Multimodal Acknowledgeable multisensorial Immersive Virtual Environments” and by the Master in Informatics and Computing Engineering of the Faculty of Engineering of the University of Porto.

REFERENCES

- [1] P. Martínez-Gómez and a Aizawa, “Recognition of understanding level and language skill using measurements of reading behavior,” Proceedings of the 19th international conference on Intelligent User Interfaces - IUI '14, pp. 95–104, 2014.

- [2] D. Beymer, D. Russell, and P. Orton, "An Eye Tracking Study of How Font Size and Type Influence Online Reading," *Br. Comput. Soc.*, pp. 15–18, 2008.
- [3] S. Schroeder, J. Hyönä, and S. P. Liversedge, "Developmental eye-tracking research in reading: Introduction to the special issue," *J. Cogn. Psychol.*, vol. 27, no. 5, pp. 500–510, 2015.
- [4] K. Rayner, "Eye movements in reading and information processing: 20 years of research," *Psychol. Bull.*, vol. 124, no. 3, pp. 372–422, 1998.
- [5] K. Rayner, K. H. Chace, T. J. Slattery, and J. Ashby, "Eye Movements as Reflections of Comprehension Processes in Reading," *Sci. Stud. Read.*, vol. 10, no. November, pp. 241–255, 2006.
- [6] H. Kang, "Understanding online reading through the eyes of first and second language readers: An exploratory study," *Comput. Educ.*, vol. 73, pp. 1–8, 2014.
- [7] D. Beymer, D. M. Russell, and P. Z. Orto, "An Eye Tracking Study of How Pictures Influence Online Reading," *INTERACT 2007*, pp. 456 – 460, 2007.
- [8] T. Brunfaut and G. McCray, "Looking Into Test-takers' Cognitive Processes While Completing Reading Tasks: A mixed-method eye-tracking and stimulated recall study" 2015.
- [9] J. E. Brisbois, "Connections Between First- and Second-Language Reading" *J. Read. Behav.*, vol. 27, no. 4, pp. 565–584, 1995.
- [10] R. Sheorey and K. Mokhtari, "Differences in the metacognitive awareness of reading strategies among native and non-native readers," *Elsevier Sci. Ltd.*, vol. 29, pp. 431–449, 2001.
- [11] H. Huang, C. Chern, and C. Lin, "EFL learners' use of online reading strategies and comprehension of texts: An exploratory study," *Comput. Educ.*, vol. 52, no. 1, pp. 13–26, 2009.
- [12] C. Hill, "What can Teachers do to Improve Reading Comprehension?: An Examination of Second Language Reading Research and Implications for English Language Teaching Practices," *Arbutus Rev.*, vol. 2, no. 1, pp. 62–74, 2011.
- [13] S. Bax, "Readers' cognitive processes during IELTS reading tests: evidence from eye tracking," *ELT research Pap.*, no. retrieved from www.britishcouncil.org, 2013.

Desarrollo de la arquitectura hardware aplicada al monitoreo en tiempo real del Sistema de Distribución de Agua Potable de la ciudad de Loja

Development of hardware architecture applied to real-time monitoring in Drinking Water Distribution System of the Loja city

Carlos Calderon-Cordova^{1,2}, Luis Quichimbo¹, Fernando Reyes¹

Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica
Universidad Nacional de Loja, Área de Energía, Industrias y Recursos Naturales no Renovables
Loja, Ecuador

cacalderon@utpl.edu.ec

Resumo — A medida que va aumentando la población, lo hace también la demanda de recursos hídricos, lo que supone un reto para los profesionales que trabajan en actividades y funciones relacionadas al abastecimiento del agua, debido a que se debe asegurar la disponibilidad y la calidad adecuada del agua. En Ecuador, los Municipios son los encargados de la operación y mantenimiento de los sistemas de distribución de agua potable (SDAP), sin embargo algunos de ellos no poseen estrategias y herramientas de Gestión Hídrica, esta gestión incrementará los índices de disponibilidad y calidad del servicio, uno de los componentes de la gestión hídrica es el subsistema de monitoreo de variables; además según expertos en SDAP, las variables presión y caudal son de importancia relevante para la determinación de indicadores de desempeño propuestos por la IWA (International Water Association), la OFWAT (Water Services Regulation Authority) y por la norma ISO 24512 (Drinking Water Management). El presente proyecto implica el desarrollo de la arquitectura hardware de un nodo portátil de monitoreo remoto aplicado a las variables hidráulicas presión y caudal de los SDAP, el prototipo desarrollado se lo evaluó en un nodo hídrico del Campus UTPL y en un nodo hídrico de las tuberías subterráneas principales del SDAP de la ciudad de Loja.

Palabras Clave – distribución de agua potable; monitoreo remoto; variables hidráulicas; redes GPRS; ciudades inteligentes.

Abstract — As the population increases, it also increases the demand for water resources; this implies a challenge for the professionals that work in activities related to water supply systems, because these systems must ensure the availability and proper water quality. In Ecuador, the Municipalities are the responsible of the operation and maintenance of the drinking water distribution systems (DWDS), nevertheless some Municipalities do not have strategies and tools for water management, this management will increase index of availability

and quality of service; one of the components of the water management is the variables monitoring subsystem. Furthermore, according to experts in DWDS, pressure and flow variables are the most relevant for the calculation of performance indicators proposed by the IWA (International Water Association), the OFWAT (Water Services Regulation Authority) and by the ISO 24512 standard (Drinking Water Management). This project proposes the development of hardware architecture of a portable remote monitoring node applied to hydraulic variables pressure and flow in the DWDS; the developed prototype was evaluated in a water node at UTPL campus and also in a water underground node in the DWDS of the Loja city.

Keywords – drinking water distribution; remote monitoring; hydraulic variables; GPRS networks; smart cities.

I. INTRODUCCIÓN

A medida que va aumentando la población, lo hace también la demanda de recursos hídricos, lo que supone un reto para los profesionales que trabajan en actividades y funciones relacionadas al abastecimiento del agua, debido a que se debe asegurar la disponibilidad del recurso y la calidad adecuada del agua. Es común, hoy en día, escuchar acerca de una supuesta crisis mundial del agua, la cual está fundamentada en el crecimiento demográfico, riqueza, demanda creciente, entre otros, sin embargo, cada vez es más evidente que lo que origina esta crisis no son los problemas antes mencionados, sino la mala gestión del recurso o incluso la inexistencia de la gestión hídrica [1], [2]. Con la correcta gestión y selección de prioridades se incrementan los índices de disponibilidad y calidad del recurso hídrico en el sistema de abastecimiento de agua potable (SDAP).

La gestión hídrica es un tema amplio que incluye entre otros aspectos: planificación, monitoreo y análisis de datos. Tomando como base lo expresado en [3], en lo que respecta al monitoreo y análisis de datos de los SDAP, las variables más importantes para gestión hidráulica y de infraestructura es la presión y el caudal, la gestión de estas variables aporta a la determinación de indicadores de desempeño propuestos por la IWA (International Water Association), la OFWAT (Water Services Regulation Authority) y por la norma ISO 24512 (Drinking Water Management).

En el presente trabajo, nos enfocamos en dar una alternativa viable al subsistema del monitoreo remoto de variables hidráulicas, estas son enviadas hacia una estación central por medio de la Red GPRS con el objetivo de que los profesionales e investigadores pertinentes utilicen la información para evaluar oportunamente el estado del SAAP y de esta manera se puedan generar iniciativas de gestión hídrica como aporte al cantón Loja, ya que como funciones de la UMAPAL no se lleva el registro de información de las variables mencionadas, ni de manera manual ni automática. Por las razones anteriores la UTPL ha asumido la tarea de demostración de tecnologías aplicadas al monitoreo remoto y en tiempo real.

Existen trabajos similares sobre el monitoreo de los SAAP de ciudades alrededor del mundo. Por ejemplo en [4] se realiza el monitoreo del sistema urbano de agua potable con el objetivo de identificar robos del recurso hídrico, sin embargo al ser un sistema que realiza funciones de control, el costo de la solución es alto. En [5] se desarrolló y evaluó un sistema hardware y software de bajo costo para la gestión de agua en una ciudad inteligente, en [6], [7] y [8] se desarrolló un sistema de monitoreo de infraestructura subterránea para detectar fugas, sin embargo en los resultados de estos trabajos se puede apreciar que la evaluación del sistema fue a escala de laboratorio y el análisis se centra en la red de los nodos.

El sistema GPRS (General Packet Radio Service) es una tecnología para acceder a redes de paquetes de datos, ya que es una arquitectura basada en conmutación de paquetes en lugar de conmutación de circuitos, como consecuencia este sistema es continuamente seleccionado para aplicaciones de monitoreo continuo debido a costos, velocidades de transmisión, cobertura de la red, calidad de servicio, entre otros. En [4] y [9]-[11] se documenta la implementación de sistemas de monitoreo remoto de variables hidráulicas mediante el sistema GPRS, aplicado cuando la distribución de los nodos de monitoreo es amplia.

En base a la investigación bibliográfica, en presente proyecto se desarrolló la arquitectura hardware de un nodo portátil de monitoreo remoto aplicado a las variables hidráulicas presión y caudal de los SDAP, el prototipo desarrollado se lo evaluó en un nodo hídrico del Campus UTPL y en un nodo hídrico de las tuberías subterráneas principales del SDAP de la ciudad de Loja. El desarrollo del sistema comprende algunos elementos los cuales se desglosan en las secciones del presente documento. La Sección II describe la arquitectura del sistema de monitoreo propuesto. La Sección III refiere a las características de los sensores/transmisores de caudal y presión. La Sección IV documenta el diseño y la implementación del módulo tarjeta de adquisición de datos. La

Sección V describe los elementos del módulo de comunicación GPRS. En la Sección VI se presenta la implementación y el análisis de resultados. Finalmente, las conclusiones principales del trabajo de investigación son resumidas en la Sección VII.

II. ARQUITECTURA DEL SISTEMA

Cada uno de los nodos en donde están ubicadas las estaciones de medición de variables hidráulicas, representan las estaciones remotas, la estación central está ubicada en las instalaciones de la UTPL. Cada Estación Remota (REst) está formada por los siguientes elementos: 1) módulo de sensores, 2) módulo tarjeta de adquisición de datos, y, 3) módulo de comunicación GPRS. La Estación Central (CEst) está formada por el módulo central de monitoreo (Fig. 1).

El módulo de sensores utiliza un transmisor piezoeléctrico de presión y un transmisor electromagnético de caudal. El módulo Tarjeta de adquisición de datos es el sistema electrónico que permite adquirir las variables de presión y caudal para luego almacenarlas y enviarlas, mediante una red GPRS, a la Estación Central para su almacenamiento. Con la tarjeta electrónica desarrollada localmente se logra que la solución de monitoreo remoto sea abierta y compatible con cualquier plataforma software de registro y análisis de información. La tarjeta electrónica cuenta con capacidades de comunicación basada en el protocolo RS-232, para la conectividad con el módem de comunicación GPRS Skypatrol (SKP). El módulo central de monitoreo está formado por una aplicación web, que se conecta remotamente con el módem de comunicación SKP, visualiza los datos y registra el conjunto de variables en una base de datos MySQL.

III. MÓDULO DE SENSORES

Las variables a medir por el sistema de monitoreo remoto son: caudal y presión. Basado en [3], las variables más importantes para gestión hidráulica y de infraestructura de los SDAP es la presión y el caudal, la gestión de estas variables aporta a la determinación de indicadores de desempeño propuestos por la IWA (International Water Association), la OFWAT (Water Services Regulation Authority) y por la norma ISO 24512 (Drinking Water Management).

En base a los datos del personal de la UMAPAL (Unidad Municipal de agua potable y alcantarillado del cantón Loja), el rango del caudal presente en el SDAP de la Ciudad de Loja es de 0 hasta 1000 litros/segundo (3600 m³/hora), el rango respectivo de la presión es de 0 psi hasta 120 psi. Con referencia a lo anterior, se definió utilizar el transmisor de presión WIKA ECO-1 el cual es un transmisor de presión piezoeléctrico basado en diafragma interno (Fig. 2a) [12]. Con respecto a la medición de caudal se definió utilizar el caudalímetro electromagnético ABB MagMaster (Fig. 2b) [13]. Se aprovecha la disponibilidad de un lote de estos sensores en el GADML (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja). Es necesario recalcar que para efectos de pruebas en laboratorio, del presente proyecto, se utilizó el caudalímetro ultrasónico Thermo Scientific Polysonics DCT7088 (Fig. 2c) [14], debido a su disponibilidad en el Laboratorio de Hidráulica de la UTPL, este sensor es reconfigurable al diámetro y al espesor de la tubería. Las principales características estáticas de los instrumentos mencionados se muestran en la Tabla I.

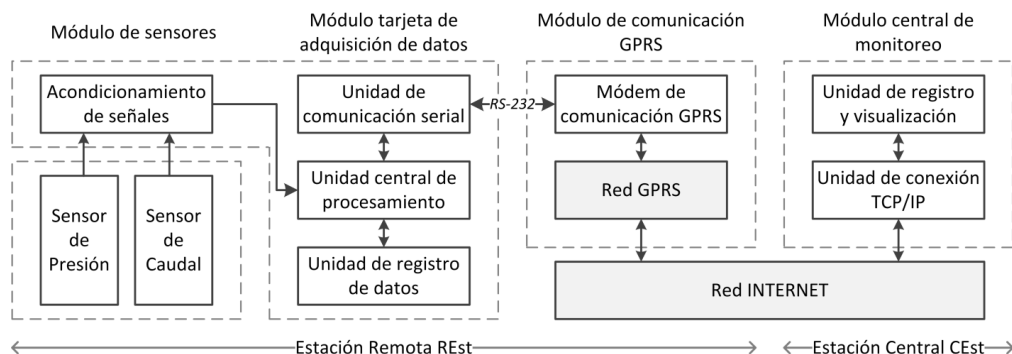


Figura 1. Arquitectura del sistema de monitoreo remoto aplicado a variables hidráulicas



Figura 4. Imágenes de los sensores: a) sensor de presión ECO-1 [12], b) sensor de caudal MagMaster [13], c) sensor de caudal DCT7088 [14].

TABLA I. CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS DE LOS SENSORES DEL SISTEMA

Sensor	Característica	Valor
WIKA ECO-1 [12]	Rango de medición	0 a 300 psi
	Precisión	Menor a 0.5 del FS
	No linealidad	Menor a 0.4 del FS
	Alimentación	10 Vdc a 30 Vdc
	Señal de salida	4-20 mA, 2-wire
	Protección de ingreso	IP 65 (IEC 60529)
ABB MagMaster [13]	Diámetro de tubería	15 mm a 2.6 m
	Rango de medición, Ø 25mm	Hasta 1770 m ³ /h
	Rango de medición, Ø 50mm	Hasta 7070 m ³ /h
	Señal de salida	4-20 mA, RS232
	Protección de ingreso	IP 68 (IEC 60529)
Thermo Scientific DCT7088 [14]	Rango de velocidad lineal	0 a 12 m/s
	Exactitud	±0.03 m/s
	Sensibilidad	0.003 m/s
	Diámetro de tubería	25 mm a 5 m
	Señal de salida	4-20 mA y RS232
	Protección de ingreso	IP 66 (IEC 60529)

IV. MÓDULO TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El módulo tarjeta de adquisición de datos (MTad) es el sistema electrónico que cumple las siguientes funciones:

- Acondicionar las señales de corriente de 4-20 mA provenientes de los sensores de presión y caudal.
- Comunicación con el reloj en tiempo real mediante el protocolo I2C, esta función es de utilidad para que las variables adquiridas tengan la etiqueta de fecha y hora.
- Enviar los datos obtenidos al módem GPRS para su transmisión a la Estación Central de monitoreo, a través de la red de datos GPRS.
- Comunicación con elementos simples de interfaz de usuario como LEDs y pulsadores.

En base a las funciones del MTad, se definió la arquitectura de los dispositivos que la conforman (Fig. 3).

A. Circuito del MTad

El diseño esquemático y la simulación del MTad se realizó en el software ISIS de la compañía Labcenter Electronics. En la Fig. 4 se presenta el diseño de la tarjeta de circuito impreso (Printed Circuit Board - PCB). En la Fig. 5 se presenta la PCB implementada, los elementos utilizados en el diseño e implementación del MTad, se detallan en la Tabla II.

El presente sistema está diseñado para que se pueda conectar con sensores/transmisores que posean una salida de 4-20mA. En lo que respecta al circuito de conversión de corriente a voltaje se realiza utilizando una resistencia variable de precisión de 1 kΩ, ajustada en 250 Ω, esta conversión es necesaria debido a la incapacidad del convertidor analógico/digital del microcontrolador de digitalizar directamente señales de corriente.

El dispositivo central del MTad, el cual realiza el procesamiento de datos, la adquisición de las señales, la digitalización y el entramado de los valores determinados, es el microcontrolador PIC18F2550 del fabricante Microchip, que es un circuito integrado programable, en cuyo interior posee la arquitectura básica de un computador, CPU, memoria RAM, memoria EEPROM, circuitos de entrada/salida, un módulo de conversión analógica-digital (ADC) e interfaces de comunicación.

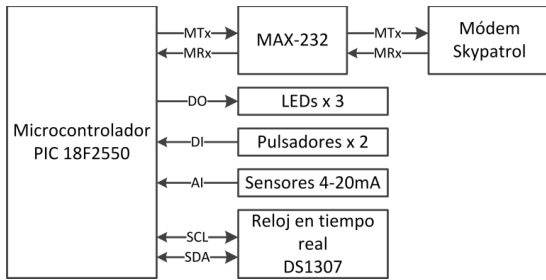


Figura 3. Arquitectura del módulo tarjeta de adquisición de datos.

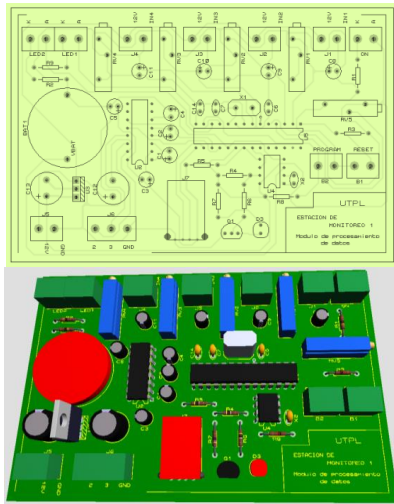


Figura 4. Diseño de la PCB del MTad.



Figura 5. PCB del MTad implementada y ensamblada.

B. Algoritmo del MTad

El algoritmo principal del microcontrolador empieza con una definición de registros, variables y parámetros, asignación de pines de entrada/salida y configuración de registros de comunicación serial asincrónica. La programación de las diferentes funciones se realiza a través de subrutinas

específicas, en la Fig. 6 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo principal del MTad. Luego de la inicialización de variables se procede a igualar el reloj mediante los valores específicos de año, mes día, hora, minuto y segundo, esta rutina se ejecuta cada vez que se inicia el sistema; la consulta de la hora actual se la realiza cada 500ms. La rutina de adquisición de datos lee las entradas analógicas cada 10 segundos y luego se promedian los 360 valores de cada canal, por último se ensambla la trama para luego enviarla al módem de comunicación GPRS Skypatrol, en la Fig. 7 se muestra la estructura de la trama enviada desde la estación remota a la estación central.

TABLA II. DISPOSITIVOS DEL MÓDULO TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Descripción	Nombre PCB	Valor
Capacitor electrolítico	C1, C2, C3, C4, C5	1 uF
	C8, C9, C10, C11	47 uF
	C12, C13	2200 uF
	C18	10 uF
	C19	4,7 uF
Capacitor cerámico	C6, C7	22 pF
	C14, C15, C16, C17	1 nF
Resistencia variable de precisión	RV1, RV2, RV3, RV4	1 K Ω
	RV5	10K Ω
Resistencias	R1, R2, R9	330 Ω
	R3, R8	10 K Ω
	R4, R5, R6	4,7 K Ω
	R7	470 Ω
	LED	D1, D2, D3, D4	Rojo ,amarillo y verde
Circuito integrado	U1	PIC 18F2550
	U2	MAX 232
	U3	LM 7805
	U4	DS1307
Cristal	X1	20 MHz
	X2	32768 Hz
Borneras	J1, J2, J3, J4, J5, ON, LED1, LED2	2 pines
	J6	3 pines
Conector	J7	USB tipo B macho
Pulsador	B1, B2	2 pines
Batería	BAT1	CR2032
Transistor	Q1	2N3904

V. MÓDULO DE COMUNICACIÓN

A. Esquema de comunicación

La red de comunicación encargada de permitir la conectividad entre las Estaciones Remotas (REst) de medición de variables hidráulicas y la Estación Central (CEst) es la red de datos GPRS. Todas las REst deben poseer un módem de comunicación, mientras que la CEst no necesita un módem debido a que, al estar ubicada dentro del Campus UTPL, posee conectividad a internet y su respectiva dirección IP pública. El proceso de comunicación se resume en lo siguiente: los módems reciben la información, éstos la transmiten hacia el servidor central que posee una dirección IP y un puerto definido, sin embargo la información se direccionará correctamente si el módem posee la puerta de enlace adecuada (gateway de la operadora móvil).

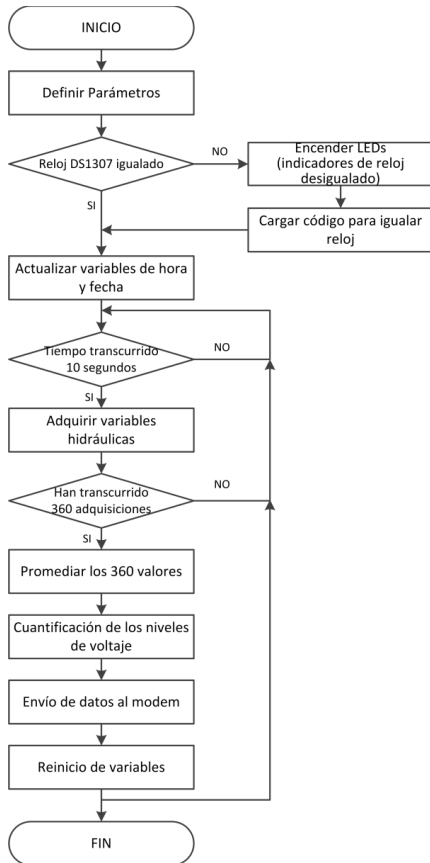


Figura 6. Diagrama de flujo del algoritmo principal del MTad.

#	Etiqueta estación	Día de la semana	Año	Mes	Día del mes	hora	minuto	segundo	Presión promedio	Instantánea	Caudal promedio	Caudal instantáneo	Ent. Gen. 1	Ent. Gen. 1 promedio	Ent. Gen. 1 instantánea	Ent. Gen. 2	Ent. Gen. 2 promedio	Ent. Gen. 2 instantáneo	#
Inicio	Datos																		Fin

Figura 7. Estructura de la trama enviada desde la estación remota.

La red de datos GPRS realiza la función del transporte de los paquetes de información desde las REst hacia el servidor central de la CEst, su arquitectura física y lógica depende de la operadora de telefonía móvil. Sin embargo para la selección del esquema de comunicación se tomó en cuenta dos aspectos: determinar si los nodos de las estaciones remotas de medición se encuentran dentro de la cobertura de la red de datos de la operadora, y, considerar la cantidad de tráfico generado por la red de estaciones remotas, con el objetivo de evaluar las tarifas

para la sostenibilidad en el tiempo del presente sistema. La red de datos GPRS utilizada en el presente sistema es la perteneciente a la empresa de telefonía celular Movistar (Otecel S.A.), debido a que posee bajos costos para el tráfico de datos y las ubicaciones de las estaciones remotas están dentro de la cobertura de dicha red.

B. Módem de comunicación

Cada estación remota debe estar compuesta por un módem de comunicación GPRS conectado mediante interfaz serial al MTad. Para lograr que el módem se conecte satisfactoriamente a la red GPRS de la operadora de telefonía celular, se debe configurar el módem tomando en cuenta algunos aspectos importantes. En el presente proyecto se seleccionó el módem GPRS Skypatrol TT8750 [15]. Las configuraciones (Fig. 8) necesarias en el módem GPRS son:

- Configuración de la interfaz serial RS-232, en nuestro caso específico el módem está operando a 8N1 y 9600 bps [16].
- Configuración de acceso a la red GPRS, este comando permite establecer el tipo de comunicación y el nombre del punto de acceso de la red (APN), el cual es el Gateway de la operadora de telefonía celular.
- Configuración del protocolo, dirección IP y número de puerto del servidor, en nuestro caso específico se utiliza el protocolo TCP para la transmisión de los datos en la red GPRS, y, el número del puerto del servidor de la estación central de monitoreo es el 555.

El modo de operación de cada una de las estaciones remotas es de tipo B, es decir la estación remota se engancha a los servicios GPRS y GSM (Global System for Mobile communications).

```

AT+CBST = 7,0,1
AT+ICF = 3,0
AT+CGDCONT=1,"IP","internet.movistar.com.ec"
AT$FRIEND=1,1, "200. 0.29.31", 555, 1
T$TCPAPI=1
AT$AREG=2
AT&W
AT$RESET

```

Figura 8. Secuencia de comandos de configuración del módem Skypatrol.

VI. IMPLEMENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de diseñar, configurar y desarrollar cada uno de los módulos del sistema de monitoreo remoto, en la presente sección se integra todos estos elementos con el objetivo de evaluar el desempeño del sistema. Luego de construida la placa de circuito impreso, la ubicamos en la caja con protección IP55, juntamente con el módem, la fuente de voltaje y el cableado respectivo, en la Fig. 9 se muestra una vista general de la estación remota terminada.

Hoy en día, todo sistema que conlleve la medición de variables físicas, debe cumplir con un estricto proceso de ajuste y calibración, con el fin de reducir los márgenes de incertidumbre en las medidas. Se debe tener en cuenta los

requisitos establecidos en las normas de calidad y garantizar la fiabilidad y trazabilidad de las medidas.

Como se mencionó anteriormente, utilizamos resistencias variables para convertir la señal de corriente de 4-20 mA a voltaje, para que pueda ser adquirida y digitalizada por el módulo de procesamiento, en base a ello se debe realizar un procedimiento de calibración. El transmisor de corriente DCT7088 nos permite generar señales de corriente desde 4 a 20 mA. El objetivo de esta prueba es comprobar la linealidad en la conversión de corriente a voltaje y el error que sucede al momento de realizar la conversión analógica-digital. La resistencia variable la tenemos establecida en 250Ω , conectada en paralelo con un multímetro (impedancia de entrada de $10\text{ M}\Omega$), para medir la caída de potencial producida en la resistencia y mediante uno de los pines del microcontrolador se adquiere el correspondiente valor de voltaje luego de la conversión corriente-voltaje (Fig. 10).

En la Fig. 11 se muestran los datos entregados por el generador de corriente del DCT7088 y los valores determinados por el microcontrolador para cada una de las entradas, los datos muestran la linealidad que existe entre la corriente del sensor y la corriente determinada por el microcontrolador, donde la conversión intermedia es realizada mediante la resistencia variable de precisión. Las ecuaciones determinadas mediante el método de ajuste por mínimos cuadrados poseen un factor de correlación promedio de 0.99925, lo cual indica que los errores promedio entre la señal original y el valor medido son de 0.1%, así también el error relativo máximo es del 1%.

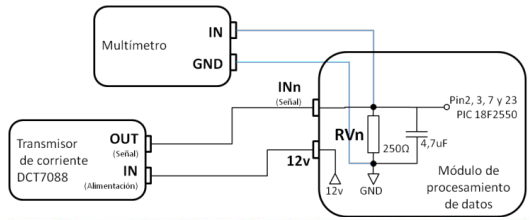


Figura 10. a) Esquema de conexiones de la configuración experimental para calibración. b) Configuración experimental en el laboratorio.



Figura 9. a) Distribución interna de los elementos de la estación remota. b) Distribución de las conexiones externas de la estación remota.

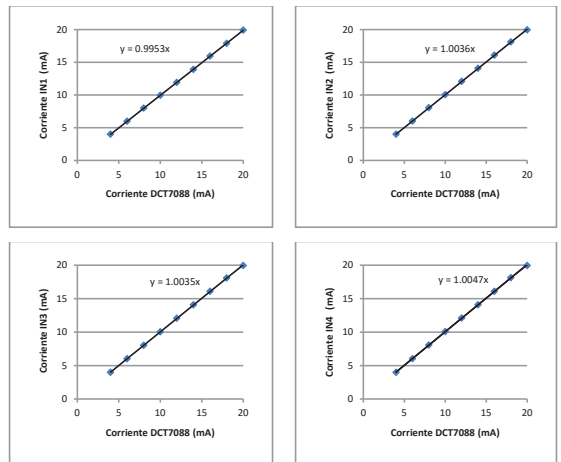


Figura 11. Corriente adquirida por cada canal versus corriente generada por el instrumento DCT7088.

A. Evaluación del sistema

En esta sección presentamos los datos que envía la estación remota y su recepción en la estación de monitoreo, para verificar que el sistema está funcionando adecuadamente. Antes de empezar a transmitir los datos, se debe cumplir los siguientes requisitos:

- El servidor cuente con los permisos necesarios.
- El puerto designado se encuentre habilitado y sobre todo que la dirección IP pública se encuentre activa.

- La base de datos se encuentre en estado activo lista para recibir información.
- El módem en la estación remota cuente con saldo suficiente, o bien tenga un plan de datos activo, que permita el envío de la información.

Las pruebas se realizaron en uno de los pozos de revisión de las líneas principales del Sistema de distribución de agua potable de la ciudad de Loja (nodo I, Cuba y Av. Pio Jaramillo, La Tebaida), en este pozo de revisión se encuentra instalado el caudalímetro Magmaster, el cual posee un visualizador del caudal instantáneo y una salida analógica de 4 a 20 mA. Esta salida analógica es utilizada para ingresar los datos instantáneos de caudal a la estación remota portátil implementada. En esta etapa del proyecto, el nodo de monitoreo ya se encuentra calibrado y desplegado en campo, de modo que se puede conectar cualquier sensor con salida de corriente y en la base de datos se agrega la ecuación de conversión respectiva. La Fig. 12 muestra el caudalímetro ABB Magmaster y el tablero respectivo.



Figura 12. Caudalímetro ABB Magmaster (izq), Tablero de adquisición de variables, visualización e interfaz (der).

Insertar Exportar Importar Operaciones Vaciar Eliminar

tardó 0.0021 seg

Perfil/Perfilamiento [Editar] [Explicar el SQL] [Crear código]

seizando de 0
splitar los encabezados cada 100 celdas

hora	dato_p1	dato_i1	dato_p2	dato_i2	dato_p3	dato_i3	dato_p4	dato_i4
13:00:00	69.45	71.1	69.04	70.68	4	4	4	4
12:00:00	65.53	67.18	65.12	66.77	4	4	4	4
11:00:00	72.13	65.12	71.72	64.71	4	4	4	4
10:00:00	73.98	73.57	73.57	73.16	4	4	4	4
09:00:00	74.6	74.4	74.19	73.98	4	4	4	4
08:00:00	75.84	74.81	75.22	74.4	4	4	4	4
07:00:00	76.66	76.46	76.25	75.84	4	4	4	4
06:00:00	77.69	77.69	77.28	77.28	4	4	4	4
05:00:00	77.28	77.49	76.87	76.87	4	4	4	4
04:00:00	76.46	76.66	75.42	75.63	4	4	4	4
03:00:00	77.08	77.28	76.66	77.08	4	4	4	4
02:00:00	76.87	77.08	76.46	76.66	4	4	4	4
01:00:00	75.42	75.63	74.6	74.81	4	4	4	4
00:00:00	76.04	76.46	75.63	76.04	4	4	4	4
23:00:00	74.19	74.81	73.36	73.98	4	4	4	4
22:00:00	73.98	75.22	73.57	74.6	4	4	4	4
21:00:00	73.36	73.78	72.95	73.36	4	4	4	4
20:00:00	72.33	73.16	71.72	72.75	4	4	4	4
19:00:00	71.3	71.3	70.48	70.48	4	4	4	4
18:00:00	70.89	72.33	70.48	71.92	4	4	4	4
15:00:00	62.65	63.27	61.82	62.65	4	4	4	4
17:00:00	67.59	69.45	67.18	69.04	4	4	4	4
09:00:00	71.51	71.92	70.68	71.1	4	4	4	4
08:00:00	73.16	73.78	73.36	73.98	4	4	4	4

En cuanto a los transmisores de presión, se construyeron dos cajas metálicas para alojarlos en el mismo pozo en donde se encuentra instalado el caudalímetro, una se encuentra ubicada aguas arriba respecto del caudalímetro y la otra aguas abajo, aproximadamente a 70cm de separación.

La Fig. 13a muestra una captura de la tabla de datos registrados en la base de datos del servidor, esta base de datos MySQL se encuentra residente en la estación central de monitoreo, que registra los datos que la estación remota está adquiriendo. Esta base de datos se conecta con una aplicación de análisis y simulación de SDAP (Fig. 13b), orientado a la gestión del recurso hídrico y de la infraestructura, el software lo desarrolló el personal del Departamento de Ingeniería Civil, Geología y Minas de la UTPL [17].

VII. CONCLUSIONES

La estación remota implementada está enfocada a aplicaciones de monitoreo de variables hidráulicas, desde la infraestructura física del SDAP de la ciudad de Loja hasta el nodo central ubicado en laboratorio de investigación de hidráulica de la UTPL, la finalidad es utilizar estos datos para análisis y simulación de la red y en mediano plazo realizar tareas de predicción e identificación de fallas.

Se logró diseñar e implementar dos estaciones remotas con capacidad para cuatro entradas analógicas de 4 a 20mA, sin embargo, el número de entradas podría aumentar sin problema hasta diez, que es la capacidad máxima del módulo de conversión analógica-digital del PIC 18F2550, lo que proporciona al sistema la escalabilidad suficiente para aumentar su capacidad.

Debido a que la estación remota posee entradas genéricas de corriente (4-20mA), se puede adaptar diversos tipos de sensores de variables como: caudal, presión, pH, cloro residual, turbidez del agua, entre otras. La estación remota de monitoreo agrega una incertidumbre baja en el proceso de adquisición y transmisión de las variables. En base al análisis realizado, arroja un error relativo máximo de aproximadamente 1%.



Figura 13. a) Captura de la base de datos MySQL residente en el servidor. b) Captura del software de análisis y simulación de SDAP [17].

AGRADECIMIENTOS

El equipo de trabajo agradece al Dr. Holger Benavides y al Departamento de Geología, Minas e Ingeniería Civil, por el financiamiento aportado para la ejecución del presente proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Patrick Moriarty, John Butterworth, Charles Batchelor, "La gestión integrada de los recursos hídricos". [En línea]. Disponible en: http://www.irc.nl/content/download/24744/276391/file/TOP9_IWRM_S_06.pdf.
- [2] ZAPATA, Samuel D., et al. "The economic value of basin protection to improve the quality and reliability of potable water supply: the case of Loja," Ecuador. *Water Policy*, 2012, vol. 14, no 1, p. 1-13.
- [3] H. Benavides, P. Sánchez. "Gestión para la eficiencia hidráulica y energética en sistemas de distribución de agua". Libro *Sistemas de Saneamiento Eficiencia Energética*. ISBN: 978-85-7745-607-9, cap. 13, 2010, Editora Universitaria. Joao Pessoa- Brasil. UFPB - LEHNS-PROSUL.
- [4] J. Gouthaman, R. Bharathwajanprabhu and A. Srikanth, "Automated urban drinking water supply control and water theft identification system," *Students' Technology Symposium (TechSym)*, 2011 *IEEE*, Kharagpur, 2011, pp. 87-91.
- [5] W. F. Domoney, N. Ramli, S. Alarefi and S. D. Walker, "Smart city solutions to water management using self-powered, low-cost, water sensors and apache spark data aggregation," *2015 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)*, Marrakech, Morocco, 2015, pp. 1-4.
- [6] D. Trinchero *et al.*, "Innovative ad-hoc wireless sensor networks to significantly reduce leakages in underground water infrastructures," *2010 ITU-T Kaleidoscope: Beyond the Internet? - Innovations for Future Networks and Services*, Pune, 2010, pp. 1-4.
- [7] M. JayaLakshmi and V. Gomathi, "An enhanced underground pipeline water leakage monitoring and detection system using Wireless sensor network," *Soft-Computing and Networks Security (ICSNS)*, 2015 *International Conference on*, Coimbatore, 2015, pp. 1-6.
- [8] Xiao-Li Cao, Chao-Yuan Jiang and Si-Yuan Gan, "Leakage monitoring and locating method of water supply pipe network," *2008 International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, Kunming, 2008, pp. 3549-3551.
- [9] Li Dongjiang; Li Zhihong; Lou Xiaoyan; Yu JunHao, "Design and implementation of water well monitoring system based on GPRS," *in Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, 2013 *3rd International Conference on*, vol., no., pp.221-224, 20-22 Nov. 2013.
- [10] A. Nasir and B. H. Soong, "PipeSense: A framework architecture for in-pipe water monitoring system," *Communications (MICC), 2009 IEEE 9th Malaysia International Conference on*, Kuala Lumpur, 2009, pp. 703-708.
- [11] A. M. Telgote, V. Narayanan and N. A. N. Dave, "Design and implementation of water environment monitoring system using GSM technology," *Technologies for Sustainable Development (ICTSD)*, 2015 *International Conference on*, Mumbai, 2015, pp. 1-4.
- [12] Wika Instruments Corporation, "Pressure Transmitter for Shipbuilding and Off-Shore Model ECO-1", pp. 1-2, June 2008.
- [13] ABB Limited, "Electromagnetic Flowmeter MagMaster – Water & Waste Water Version", pp. 1-16, April 2009.
- [14] Thermo Fisher Scientific Inc., "Thermo Scientific DCT7088 product Specifications", pp. 1-2, 2009.
- [15] SkyPatrol LLC, "SkyPatrol TT8750 User Guide", pp. 1-47, 15 August 2008.
- [16] SkyPatrol LLC, "SkyPatrol TT8750 AT command Reference", pp. 1-520, 18 March 2010.
- [17] H. Benavide, "Consideraciones técnicas para el diseño de sistemas de abastecimiento," *I Simposio Iberoamericano de Hidráulica, para la gestión de los recursos hídricos en el ciclo urbano y rural del agua*. Loja, 12-15 Nov. 2012.

DEPROVAL:Herramienta para la definición del proceso de validación en pequeñas organizaciones de software

DEPROVAL:Tool for defining the validation process in small software organizations

Jose Calvo-Manzano, Gonzalo Cuevas Agustin, Tomás San Feliu Gilabert
Dep. de Lenguajes y Sistemas Informáticos e Ingeniería de Software
Universidad Politécnica de Madrid, UPM
Madrid, España
jacalvo@fi.upm.es, gcuevas@fi.upm.es, tsanfe@fi.upm.es

José de J. Jiménez Puello
Dep. de Informática
Universidad de Panamá, UP
Panamá, Panamá
jjimpue@hotmail.com

Resumen — En el presente artículo se presenta una herramienta para la definición de los procesos de validación de software. La herramienta está implementada en base a un metamodelo de validación de software basado en el modelo CMMI. La herramienta facilita que las pequeñas organizaciones de software que presentan diferentes dificultades como es aplicar los modelos de mejora a su organización y falta de personal con conocimiento en pruebas, puedan establecer los procesos de validación de sus productos a través de la herramienta.

Palabras Clave – *Herramienta; mejora de procesos; pequeñas organizaciones; validación de softwares.*

Abstract — In this article, we present a tool for defining the software validation process. The tool is implemented based on metamodel validation software based on the CMMI model. The tool enables small software organizations that have different difficulties such as: applying the models to improve their organization, lack of resources and trained personnel and knowledge test, to establish the validation process of its products through this tool.

Keywords – *Tool; process improvement; small organizations; software validation.*

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la calidad es considerada como el elemento de mayor importancia y que presenta un impacto directo en cuanto al éxito de un producto software [22]. La baja calidad en el software puede ser el origen de algunos problemas como pueden ser la falta de fiabilidad y un mayor mantenimiento del producto [4]. El mercado valora, cada vez más, la calidad del software, por consiguiente, las compañías demandan la reducción de errores y sancionan los retrasos en entregas y las cancelaciones de proyectos [26]. A pesar de la importancia de las pruebas de software, muchas empresas tienen dificultad para generar el proceso de prueba [20].

En la práctica, la definición de los mecanismos que pueden adoptarse para mejorar y controlar las fases del proceso de pruebas y el orden que deben aplicarse en general, es un tarea difícil [14]. Un gran número de organizaciones reconocen que las iniciativas de mejoras de los procesos pueden resolver estos problemas [20]. Aunque el uso de buenas prácticas permite reducir el coste de pruebas fallidas o poco fiables, ya que, el personal de prueba garantiza que las pruebas funcionen de forma correcta [7].

Como mecanismo para mejorar los procesos, la industria y la academia han desarrollado modelos y estándares orientados a la mejora de procesos, mediante la aplicación de buenas prácticas, que incluyen el proceso de validación como son: el modelo de capacidad y madurez integrado para desarrollo versión 1.3 (CMMI) [30], ISO/IEC 12207 [12], ISO 9001 [11], IEEE-1012 verificación y validación [10] y el modelo de mejora de procesos del software brasileño (MPS.BR) [29]. En el caso de los modelos de mejora de procesos de pruebas tenemos: Test Process Improvement (TPI) [33], Test Process Improvement Next (TPI NEXT) [31], Test Maturity Model Integration (TMMI) [8], ISO/IEC/IEEE 29119[13] y Testing Maturity Model Enhanced (TMMe) [32]. Por otro lado, también se han desarrollado áreas de procesos de pruebas como el TestPAI [2] y el Software Testing process for the reference model of Competisoft (STPRMC) [28].

Sin embargo, una de las principales barreras es la dificultad de adaptar las pruebas a modelos de madurez para el entorno específico de una organización [1]. Por consiguiente, muchos enfoques de mejora de procesos de pruebas del software están disponibles, pero no todos son aplicables en general a la industria [3].

Por su parte, la mayoría de las empresas de desarrollo de software en todo el mundo corresponden a las pequeñas y medianas empresas [15] y [20].

Por consiguiente, las pequeñas empresas se enfrentan a varios obstáculos para implementar sus procesos de pruebas de software, debido a la falta de expertos en pruebas, la falta de recursos y las dificultades para adaptar los modelos de madurez relacionados con las pruebas a un contexto particular de la empresa [21]. Como señala [23] se reconoce que existe un problema por la baja madurez en pruebas de software en las organizaciones. A pesar de la importancia de las pruebas, en la industria del software, hay un vacío conceptual en pruebas por parte de los desarrolladores e ingenieros que deben aplicarlas [19].

Se hace evidente la necesidad de adaptar los modelos de mejoras en las organizaciones de desarrollo de software. Sobre todo, en las pequeñas empresas de desarrollo de software. Aunado a la falta de conocimiento del personal en pruebas de software. Por lo tanto, se desarrolló un metamodelo para validación de software basado en el modelo CMMI [16]. El metamodelo permite la definición del proceso de pruebas de validación, en base a un enfoque de mejora de procesos, que se adapta al contexto del proyecto a probar, como mecanismo para solventar la carencia en conocimiento en pruebas del personal de las pequeñas organizaciones de desarrollo de software.

Este artículo propone establecer una herramienta que defina el proceso de pruebas mediante un enfoque de mejora de procesos y que se adapte al contexto del proyecto a validar.

El artículo se divide en las siguientes secciones: Sección 1 ofrece una breve introducción al problema. En la sección 2 se presentan los trabajos relacionados con el problema. En la sección 3 Se presenta el metamodelo como solución al problema. En la sección 4 Se presenta la Herramienta desarrollada. En la sección 5 se presenta las principales conclusiones.. En la sección 6 Los agradecimientos. Y las referencias bibliográficas.

II. TRABAJOS RELACIONADOS

En esta sección se describen diversos metamodelos, como resultado de una revisión sistemática. Los metamodelos descritos carecen del enfoque de mejora de los procesos de pruebas de software.

Un metamodelo es presentado por [9], para técnicas de validación de software en el entorno de la arquitectura dirigida por modelos. Los autores sugieren que a través de un modelo de pruebas se puede establecer técnicas de pruebas funcionales y estructurales. Incluso otros tipos pruebas como es la de mutación para mejorar la calidad de la prueba. Pero, resaltan que queda mucho por hacer hasta que no se normalice el lenguaje para el modelo de transformaciones. Por su parte en [27], establecen un metamodelo basado en generación de datos de pruebas denominados (modelos de pruebas) para modelos de transformación en el contexto de la arquitectura dirigida por modelos, como mecanismo de comprobar las transformaciones que tiene que realizar los modelos generados. Para ello, implementa un algoritmo que crea modelos de pruebas de un metamodelo. En [6] presentan un metamodelo que aplica un modelo de simulación para comprobar la definición de procesos implementados en

SPEM, mediante las prácticas de validación del CMMI. En [34] proponen un metamodelo para pruebas de metamodelos, que determine la existencia de errores en los metamodelos. Para ello, se enfoca en un metamodelo de prueba automatizado basado en una especificación de prueba. En [35], establecen un metamodelo para soportar pruebas de regresión para aplicaciones Web, debido al rápido cambio en la tecnología, lo que genera que las aplicaciones que migran de forma continua no puedan validarse debido al cambio de las plataforma y de las pruebas. En [24] se propone un metamodelo para pruebas de unidad para el lenguaje de programación orientado a objetos, que facilita escribir pruebas de unidad dentro de las clases para que sean probadas. Por otra parte [5], define una metodología de pruebas para aplicaciones Web, mediante la integración de búsquedas de pruebas, a través de un metamodelo de pruebas que implementa dicha metodología.

Los metamodelos descritos no resuelven la dificultad de adaptar los modelos de mejora a las organizaciones de desarrollo de software. Además, aplican el concepto de metamodelo definido para la arquitectura dirigida por modelos [25]. Por consiguiente, el metamodelo es un soporte para crear y desarrollar modelos a partir de un modelo.

Por el contrario, en [16] se desarrolla un metamodelo que resuelve la problemática de definir la validación y de adaptar los modelos de mejora de procesos. El metamodelo consiste en una solución innovadora referente a los modelos y estándares existentes, ya que, proporciona “el cómo hacer” identificando y aplicando las prácticas de validación para la mejora del proceso de validación. El metamodelo no aplica el concepto de metamodelo de la arquitectura dirigida por modelos que trata sobre la transformación de modelos.

III. METAMODELO

La herramienta para definir el proceso de validación para para pequeñas empresas surge a partir de un metamodelo para validación de software como se describe en [16]. El metamodelo a su vez se organiza a partir de una taxonomía de proyectos de software [18] y un método para caracterización de pruebas de software [17]. Los resultados de la caracterización derivan en un plan de pruebas. El metamodelo desarrollado está basado en el modelo CMMI para desarrollo v.1.3, que al ser un metamodelo puede derivar otros modelos. El CMMI está integrado por áreas de procesos, el área de proceso seleccionada para la definición del metamodelo es el área de procesos de validación, y su meta específica preparar la validación que incluye las prácticas específicas (SP 1.1. Seleccionar los productos a validar, SP 1.2. Establecer el entorno de validación y SP 1.3 Establecer los procedimientos y criterios de validación). Estas prácticas específicas permiten organizar y establecer el proceso de preparación de la validación de software para luego ejecutar la validación.

El metamodelo basado en estas prácticas específicas, representa un marco para establecer los aspectos que debe considerar toda organización de desarrollo de software al momento de validar el software desarrollado. El metamodelo además, incluye plantillas de pruebas que se constituyen a

partir de las prácticas específicas del área de proceso de validación del CMMI, aplicadas al metamodelo.

IV. HERRAMIENTA: DEPROVAL

La herramienta desarrollada es de tipo escritorio y se implementó con Microsoft Access 2010. La herramienta es una aplicación bastante sencilla, versátil y que presenta costes bajos en cuanto a su desarrollo. La herramienta está alineada a la mejora de los procesos de validación de software del área de procesos de validación del CMMI. La misma está constituida por 8 funcionalidades que a continuación se describen.

Funcionalidades DEPROVAL

DEPROVAL esta conformado por las siguientes funciones:

- **Producto:** Se refiere al proyecto o componente de proyecto a probar, sus requisitos y restricciones.
- **Entorno de validación:** En el se describe cada elemento requerido y necesario para realizar la prueba. El entorno permite comprobar la funcionalidad de la aplicación o proyecto en un ambiente controlado, que simula el entorno real o de producción del proyecto.
- **Equipo de prueba:** Se identifica el personal de pruebas y sus responsabilidades en la validación de proyectos.
- **Plan de Prueba:** El plan reúne la estrategia de prueba que será aplicada para comprobar los requisitos del proyecto.
- **Calendario de programación de pruebas:** Se establece el calendario de programación de cada requisito del proyecto que será validado.
- **Procedimiento de validación:** Describe el procedimiento para realizar la validación
- **Criterios de validación:** Se refiere a los aspectos que deben considerarse para la validación del proyecto.
- **Procedimiento de prueba:** Describe los casos de usos y de pruebas que serán aplicados para comprobar los requisitos.

1) Producto

La funcionalidad producto se refiere a la selección del proyecto a validar como lo específica la práctica específica 1.1. Seleccionar los productos a validar. El producto se selecciona a partir de la taxonomía de proyectos [18].

La taxonomía se organiza en categorías y subcategorías de proyectos software. La taxonomía está constituida por 9 categorías y 27 subcategorías. Las categorías que integran la taxonomía son: Aplicaciones de escritorio o independientes, Web, móviles, servicios, migración de sistemas, De procesos, De control de tiempo, almacenamiento y protocolos. A continuación se presenta la subcategorías con sus respectivas categorías: Escritorio: independientes, aplicaciones cliente /servidor, clientes enriquecidas, Web: páginas Web o sitios Web, Web tradicional, aplicaciones Internet enriquecidas

(RIA), Web 2.0, Móvil: móvil nativa, móvil Web, Servicios: aplicación servidor, SOA, aplicaciones como servicios (SAAS), en la nube (Cloud), Grid, P2P, agentes, Middleware, Procesos SAP, De control de tiempo: sistema de tiempo real, sistemas críticos, embebidos, Legado:, Almacenamiento: Data Warehouse/BI, Big Data, Protocolos: protocolos de redes y protocolos de comunicaciones Para cada producto se debe seleccionar la categoría y subcategoría del proyecto al que pertenece el producto. Además, se identifica el alcance del proyecto y si el producto es un proyecto o componente de proyecto. Las restricciones que presenta el producto y se establecen los requisitos funcionales y no funcionales que deben comprobarse en el producto (Fig. 1) Además, la herramienta facilitará que se puedan añadir, modificar y eliminar categorías y subcategorías de proyectos.

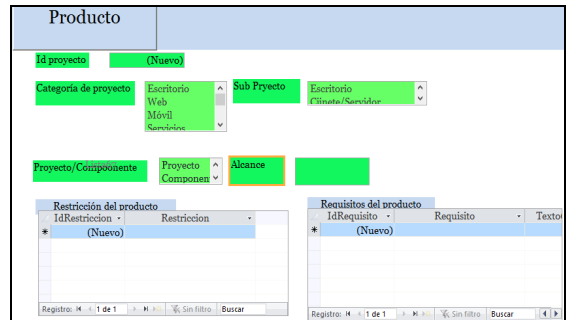


Figura 1. Producto a validar

2) Entorno de validación

El entorno de validación establece los elementos que deben considerarse para probar los requisitos del producto, según el proyecto o componente del proyecto. La herramienta permite registrar los diferentes elementos requeridos para la implementación del entorno de validación (Fig. 2).

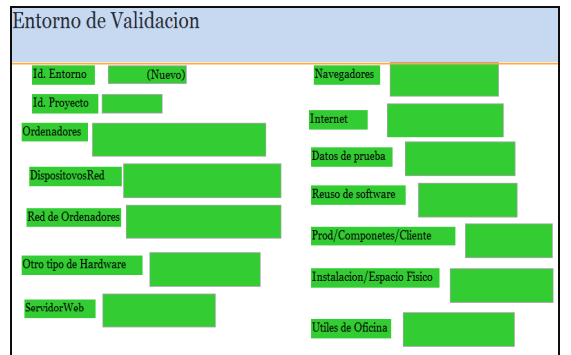


Figura 2. Entorno de validación

3) Equipo de prueba

Se refiere al personal asignado para llevar a cabo las diferentes pruebas de cada requisito del producto. Se determina y

Equipo de Prueba	
Id. de Personal	[Redacted]
Id. Entorno	[Redacted]
Nombre del Personal	[Redacted]
Tipo de Personal de Prueba	Gestor de prueba Lider de prueba Responsable de prueba
Responsabilidad	[Redacted]
Correo Electronico	[Redacted]
Fecha de Asignacion	[Redacted]

establece la responsabilidad del personal asignado al equipo de prueba y a que entorno de prueba corresponde (Fig. 3).

Figura 3. Equipo de prueba

4) Plan de Prueba

El plan de prueba es el resultado de la aplicación de un método para caracterizar la pruebas de un proyecto software [17]. El plan establece lo siguientes elementos a consi­derar: Tipo de prueba, nivel de prueba, características a probar, pruebas específicas aplicables al proyecto, las técnicas de pruebas que se pueden aplicar al proyecto, las herramientas de pruebas según la prueba específica. El plan es el referente para que el equipo de prueba, tenga certeza de las pruebas que puede y deben aplicar al proyecto (producto) de forma objetiva (Fig. 4).

Plan de Prueba del Producto	
Id. Plan de Prueba	[Redacted] (Nuevo)
Tipo de Prueba	Funcional
Nivel de Prueba	Unidad
Característica a Probar	Eficiencia
Prueba Especifica	Funcionalidad
Técnica	[Redacted]
Herramienta	[Redacted]
IdProyecto	[Redacted]

Figura 4. Plan de prueba del proyecto (producto)

5) Calendario de programación de pruebas

El calendario permite establecer la programación de las pruebas del proyecto. Para cada requisito se programa la fecha y hora estimada para la realización de las pruebas. De igual forma se programa el uso del entorno por parte del probador. Por medio del calendario se define como se desarrollaran las diferentes pruebas según los requisitos del proyecto (producto) (Fig. 5).

Calendario de Programación de Pruebas	
Id. Calendario de Programación	[Redacted] (Nuevo)
Id. de Entorno	[Redacted]
Id. de Requisito	[Redacted]
Fecha de Inicio de Pruebas	[Redacted]
Tiempo Estimado de Duración	[Redacted]
Fecha de Finalización de la Prueba	[Redacted]
Tiempo Consumido	[Redacted]

Figura 5. Calendario de programación de pruebas

6) Procedimiento de validación

El procedimiento de validación describe como se realiza la validación del proyecto (Fig. 6).

Procedimiento de Validación	
Id. Procedimiento	[Redacted] (Nuevo)
Descripción	[Redacted]
Id. Proyecto	[Redacted]

Figura 6. Procedimiento de validación

7) Criterios de validación

Los criterios permiten determinar si la prueba del requisito pasó o falló, según los datos de entrada y salida que se obtienen con la prueba. Los criterios permiten describir el fallo y si la prueba fue suspendida o reanudada. Además, si la fecha corresponde a dicho evento. El criterio está estrechamente relacionado con el procedimiento de prueba. Lo que ocurra con el caso de prueba repercute en los criterios de pruebas de validación (Fig. 7).

Criterio de Prueba de Validación	
Id. Criterio	[Redacted] (Nuevo)
Descripción del Criterio	[Redacted]
Id. Requisito	[Redacted]
Id. Proyecto	[Redacted]
Id. Personal	[Redacted]
Entrada	[Redacted]
Salida	[Redacted]
Paso/Fallo	[Redacted]
Descripción del Fallo	[Redacted]
Suspensión/Reanudación	[Redacted]
Fecha/Suspensi(on)/Reanudación	[Redacted]

Figura 7. Criterio de prueba de validación

8) Procedimiento de prueba

El procedimiento de prueba describe los casos de usos y los casos de pruebas, que deben ser utilizados para probar los requisitos del producto. Por medio del procedimiento de prueba el probador comprueba si el requisito cumple o no con el resultado esperado (Fig. 8). Además, para los casos de pruebas el probador debe considerar el plan de pruebas y seleccionar las pruebas y técnicas que deben ser aplicadas a los casos de pruebas respectivos.

Procedimiento Prueba	
Id. Procedimiento de Prueba	1
Id. Caso de Prueba	
Id. Requisito	
Id. Proyecto	
Id. Personal	
Caso de Uso Descripción	
Casos de Prueba Descripción	

Figura 8. Procedimiento de prueba

9) Evaluación de la herramienta

Para evaluar la utilidad de la herramienta se tiene planificado aplicarla en organizaciones de desarrollo de software pequeñas. La característica principal de las organizaciones es que dispongan de poco personal. Que el personal sea a su vez desarrollador y probador. Además, que el personal tenga poco o casi nulo conocimiento en prueba de software. La evaluación permitirá determinar si los probadores consideran que la herramienta cumple con el objetivo de desarrollar el proceso de validación de prueba de software. Antes de aplicar la herramienta se tendrá que realizar una jornada formativa con el personal para que conozcan el funcionamiento de la herramienta. La evaluación por parte de los probadores se realizará mediante la técnica de encuesta a través del instrumento cuestionario. De los resultados que se obtengan se realizarán mejoras y se tiene proyectado cambiar la herramienta a un entorno Web.

V. CONCLUSIONES

Se ha desarrollado una herramienta para la definición del proceso de validación de software basado en un modelo de mejora de procesos. La herramienta está basada en un metamodelo de validación de software, basado en un modelo de mejoras de procesos como es el CMMI. La herramienta está aún en fase de desarrollo para luego ser implementada la fase experimental.

Con la herramienta se busca solucionar la problemática que tienen las pequeñas organizaciones de desarrollo de software, que presentan dificultad en adaptar y por ende, de aplicar los modelos de mejora de procesos a su organización. Sumado a la falta de conocimiento y formación del personal en pruebas de

software. La herramienta es una guía para el desarrollo del proceso de validación en las pequeñas organizaciones de desarrollo de software, de forma tal, que puedan garantizar la funcionalidad y fiabilidad del producto que desarrollan.

VI. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es patrocinado por Everis Aeroespacial y Defensa, y la Universidad Politécnica de Madrid, a través de la Cátedra de Investigación de Mejora de Procesos de Software para España y la Región de América Latina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Rodrigues, A. Bessa and P.R. Pinheiro, "Barriers to implement test process in small-sized companies," Organizational, Business, and Technological Aspects of the Knowledge Society. Springer Berlin Heidelberg, pp. 233-242, 2010.
- [2] A. Sanz, J. Saldaña, J. García and D. Gaitero, "Test PAI: A testing process area integrated with CMMI," Proceedings of the workshops of the Conference on Software Engineering and Databases, 2008. "TestPAI: Un área de proceso de pruebas integrada con CMMI," Actas de los Talleres de las Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, 2008.
- [3] A. Wasif, A. Sneh, G. Kerstin and R. Torkar, "Software test process improvement approaches: A systematic literature review and an industrial case study," Journal of Systems and Software, vol. 111, pp. 1-33, January 2016.
- [4] A.A.M. Elhag, M.A. Elshaikh, R. Mohamed, M.I. Babar, "Problems and future trends of software process improvement in some Sudanese software organizations," in Computing, Electrical and Electronics Engineering (ICCEEE), International Conference on , vol., no., pp.263-268, 26-28, Aug. 2013.
- [5] B. Marin, T. Vos, G. Giachetti, A. Baars and P. Tonella, "Towards testing future Web applications, Research Challenges in Information Science", pp.1—12, 2011.
- [6] D. Sadilek and S. Weißleder, "Testing Metamodels". Model Driven Architecture Foundations and Applications, Lecture Notes in Computer Science, vol. 5095, pp. 294—309, 2008.
- [7] E. Kerry and S. Delgado, "Applying software engineering practices to produce reliable, high-quality and accurate automated test systems," AUTOTESTCON, IEEE, vol., no., pp.69-71, Sept. 2009.
- [8] E. van Veenendaal, Test Maturity Model Integration (TMMi), version 2.0, TMMi foundation, [Online], Available, <http://www.tmmifoundation.org/downloads/tmmi/TMMi%20Framework.pdf>
- [9] F. Fleurey, J. Steel and B. Baudry, "Validation in model-driven engineering: testing model transformations, Model, Design and Validation," Proceedings. First International Workshop, pp. 29-40, 2004.
- [10] IEEE, "Standard for System and Software Verification and Validation," IEEE Std 1012-2012 (Revision of IEEE Std 1012-2004), vol., no., pp.1-223, May 25 2012.
- [11] ISO 9001, Quality management systems – Requirements, 2015.
- [12] ISO/IEC 12207: Systems and software engineering – Software life cycle processes international organization for standardization/ international electrotechnical comission. Geneva: ISO, 2008.
- [13] ISO/IEC/IEEE 29119 Software Testing, 2015. [Online], Available: <http://www.softwaretestingstandard.org/news.php>
- [14] J. Andersin, TPI- a model for test process improvement. Seminar. University of Helsinki, Helsinki – Finland, 2004.
- [15] J. Aranda S. Easterbrook and G. Wilson, "Requirements in the wild How small companies do it," 2007. [Online], Available: <http://www.cs.toronto.edu/~jaranda/pubs/REintheWild-RE07.pdf>
- [16] J. Calvo-Manzano, G. Cuevas, T. San Feliu Gilaber and J.J. Jiménez Puello, "Metamodel for software validation based on the CMMI" CIMPS'15 (4th International Conference on Software process Improvement) Mazatlan, Sinaloa, Mexico, 2015. "Metamodelo para

validación de software basado en el CMMI", CIMPS'15 (4th International Conference on Software Process Improvement) Mazatlan, Sinaloa, Mexico, 2015.

- [17] J. Calvo-Manzano, G. Cuevas, T. San Feliu Gilabert, and J.J. Jiménez Puello, "Characterization of tests focused on validation of software Project," 22nd EuroAsiaSPI Conference, Turkish Standards Institute, Ankara, Turkey, 2015.
- [18] J. Calvo-Manzano, G. Gonzalo Cuevas, T. San Feliu Gilabert, and J.J. Jiménez Puello, A Taxonomy for Software Testing Projects. *Sistemas e Tecnologias de Informação, Atas da 10ª Conferência Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*. Águeda, Portugal. AISTI | Universidade de Aveiro Vol. I Artigos Tomo 1, pp 289-294. Editores Alvaro Rocha, Arnaldo Martins, Gonçalo Paiva Dias, Luis Paulo Reis, Manuel Pérez Cota., 2015.
- [19] J.A. Caicedo, J. Garces Tabares, and M.C. Camacho, "Proposed application of testing based on BS 7925-2 standard for degree projects focused on development software," in *Computing Colombian Conference (9CCC)*, vol., no., pp. 121-127, Sept. 2014.
- [20] K. G. Camargo, F. C. Ferrari and S. CPF. Fabbri, "Characterising the state of the practice in software testing through a TMMi-based process," *Journal of Software Engineering Research and Development*, vol. 3:7, pp. 1-24, December 2015.
- [21] L. M. da Rocha, *Aplicação de um subset de práticas do TMMi em núcleo de práticas em informática da UFC Campus Quixadá / Laisa Morais da Rocha, Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Engenharia de Software, Quixadá, 2014*
- [22] M. Faizan, S. Ulhaq and M.N.A. Khan, "Defect Prevention and Process Improvement Methodology for Outsourced Software Projects," *Middle East Journal of Scientific Research* vol. 19 (5), pp.: 674-682, 2014.
- [23] M. Grindal, J. Offutt, and J. Mellin, "On the Testing Maturity of Software Producing Organizations," in *Testing: Academic and Industrial Conference - Practice And Research Techniques, Proceedings*, vol., no., pp.171-180, 29-31 Aug. 2006.
- [24] M. Lévesque, "A Metamodel of Unit Testing for Object-Oriented Programming Languages," 2009. <http://arxiv.org/pdf/0912.3583.pdf>
- [25] M. Muñoz, *Metamodel for creating applications in Next Generation Networks*, "Doctoral Thesis, Charles III University of Madrid, Department of Telematic Engineering Doctorate in Communications Technology, Leganes, 2003 "SCMM. Metamodelo para la Creación de Aplicaciones en Redes de Siguiete Generación," Tesis Doctoral, Universidad Carlos III De Madrid, Departamento De Ingeniería Telemática, Doctorado en Tecnologías de las Comunicaciones, Leganés, 2003.
- [26] M. Piattini, F. García, I. García Rodríguez and F. Pino, *Quality Information Systems*, Second edition, Madrid, Rama, 2014. M. Piattini,
- [27] F. García, I. García Rodríguez y F. Pino, *Quality Information Systems*, Second Edition, Madrid, Rome, 2014. *Calidad de Sistemas de Información*, Segunda edición, Madrid, Rama, 2014.
- [28] N-L. Hsueh, W-H. Shen, Z-W. Yang and D-L Yang, "Applying UML and software simulation for process definition," verification, and validation. *Information and Software Technology*, 50, (9–10), pp. 897–911, 2008.
- [29] P. Cruz, R. Villarroel, F. Mancilla and M. Visconti, "A Software Testing Process for the Reference Model of Competisoft," *Chilean Computer Science Society (SCCC)*, 2010 XXIX International Conference of the, vol., no., pp.51-59, 15-19 Nov. 2010.
- [30] Softex, "Guía General MPS de Software", MPS. BR -Mejora de Proceso del Software Brasileño, 2012, [Online], Available: http://www.softex.br/wp-content/uploads/2013/10/MPS.BR_Gu%C3%ADa_General_Software_2012.pdf
- [31] Software Engineering Institute, "CMMI for Development" Version 1.3 [Online], Available: <http://www.sei.cmu.edu/library/assets/whitepapers/Spanish%20Technical%20Report%20CMMI%20V%201%203>
- [32] Sogeti, *Test Process Improvement Next*, UTN Publishers, 2009.
- [33] T. C. Staab, "Introduction to the Testing Maturity Model Enhanced (TMMe)," Wind Ridge International, LLC, 2010. [Online], Available: <http://www.windridgeinternational.com/documents/Introduction%20to%20the%20Testing%20Maturity%20Model%20Enhance.pdf>
- [34] T. Koomen and M. Pol, "Test process improvement: a practical step-by-step guide to structured testing" Addison-Wesley Professional; 1 edition, June 1999.
- [35] Y. Hernandez, M. King, J. Pava and P. Clarke, "A Meta-Model to Support Regression Testing of Web Applications", <http://users.cis.fiu.edu/~clarkep/research/areas/REUPubs/HernandezKingPavaClarke.pdf>

Análise Comparativa de Pacotes de *Software* de Análise de Dados Qualitativos

A Survey on Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software

Luís Paulo Reis

DSI/EEUM - Departamento de Sistemas de Informação,
Escola de Engenharia, Universidade do Minho,
LIACC – Lab. Inteligência Artificial e Ciência de
Computadores,
Guimarães e Porto, Portugal
lpreis@dsi.uminho.pt

António Pedro Costa, Francislê Neri de Souza

CIDTFF - Centro de Investigação Didáctica e Tecnologia na
Formação de Formadores
DE/UA- Departamento de Educação, Universidade de
Aveiro
Aveiro, Portugal
apcosta@ua.pt; fns@ua.pt

Resumo — Os pacotes de *Software* para Análise de Dados Qualitativos (CAQDAS) podem ser definidos como ferramentas que auxiliam os investigadores que desenvolvem projetos de investigação qualitativa. Estes pacotes de *software* contêm funcionalidades para auxiliar os utilizadores com tarefas, tais como a transcrição, escrita e anotação, codificação e interpretação de texto, abstracção recursiva, análise e pesquisa de conteúdo, análise de discurso, mapeamento de dados, metodologia da teoria fundamentada, entre vários outros tipos de análise. Este artigo analisa os pacotes de *software* de análise qualitativa mais relevantes comparando as suas características em diferentes áreas tais como a gestão e organização de dados, anotação de dados, pesquisa e consulta de informação, visualização de dados, capacidades de importação/exportação e recursos para trabalho em equipa e trabalho colaborativo.

Palavras Chave – *Software de Análise de Dados Qualitativos; SADQ; NVivo; Atlas.ti; Dedoose; webQDA; MAXQDA.*

Abstract — Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software (CAQDAS) may be defined as tools that help researchers developing qualitative research projects. These software packages help the users with tasks such as transcription analysis, writing and annotation, coding and text interpretation, recursive abstraction, content search and analysis, discourse analysis, data mapping, grounded theory methodology, among several other types of analysis. This paper surveys the most relevant CAQDAS software packages comparing their features on different areas such as data management and organization, data annotation, search and query capacities, data visualization, import/export potentialities and teamwork/ collaborative work features.

Keywords - *Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software; CAQDAS; NVivo; Atlas.ti; Dedoose; webQDA; MAXQDA.*

I. INTRODUÇÃO

Os métodos de análise qualitativa de dados têm vindo a receber crescente interesse dos investigadores e profissionais em diversas áreas. Entre outras técnicas destaca-se a análise de conteúdo que tem recebido um destaque na comunidade

académica permitindo incrementar o rigor metodológico e uma maior profundidade nas investigações na área das ciências sociais e não só [1,2].

Desde a década de oitenta que a disponibilidade alargada de computadores pessoais e o aparecimento de pacotes de *software* de apoio à análise de dados qualitativa tem permitido a realização de investigações de cariz qualitativo com muito maior qualidade e profundidade. Atualmente existem mais de 40 pacotes de *software* que permitem a análise de dados qualitativos disponíveis no mercado [3]. De entre estes pacotes destacam-se [4], o NVivo [5, 6], Atlas.ti [7, 8], Dedoose [9, 10], MAXQDA [11, 12] e webQDA [13, 14] pela sua utilização alargada, potencialidades ou capacidades de permitir trabalho colaborativo. Estes pacotes de *software* não impõem também qualquer abordagem metodológica, deixando que o investigador seleccione livremente a sua abordagem e aplique diferentes estratégias.

Embora exista um elevado número de pacotes de *software* de análise qualitativa, existe uma análise muito escassa das suas potencialidades e um muito reduzido número de artigos de comparação das suas potencialidades [4, 15-19], sendo que em língua portuguesa não existe qualquer trabalho significativo.

Este artigo apresenta uma taxonomia para as potencialidades de pacotes de *software* de análise qualitativa e uma análise comparativa dos pacotes de *software* NVivo, Atlas.ti, Dedoose, webQDA e MAXQDA utilizando esta mesma taxonomia. Destaca-se que cada um dos pacotes de *software* possui características e modos de operacionalização próprios sendo, contudo, importante realçar que a escolha do *software* depende muito das necessidades e objetivos do estudo em questão [3]. Deste modo, não se pretende neste artigo definir em absoluto qual o melhor *software* ou quais as características base essenciais que deve ter, mas sim permitir aos utilizadores de *software* de análise qualitativa terem uma boa base de análise comparativa para decidirem o *software* a utilizar nos seus estudos e investigações.

O resto do artigo encontra-se organizado do seguinte modo. A secção 2 apresenta uma descrição resumida dos tipos de pacotes de *software* de análise qualitativa existentes no mercado. A secção 3 apresenta uma descrição mais detalhada dos principais pacotes de *software* de Análise Qualitativa. A secção 4 introduz uma proposta de taxonomia/classificação dos pacotes de *software*. Finalmente na secção 5 apresentam-se as conclusões e perspectivas de desenvolvimento.

II. SOFTWARE DE ANÁLISE QUALITATIVA

Existem atualmente mais de 40 pacotes de *software* de análise de dados qualitativos a que se juntam os pacotes de *software* de análise de dados quantitativos que possuem capacidades extra para análise de dados qualitativos.

De entre os pacotes livres e/ou de código aberto (open source) destacam-se [4] o Aquad, Cassandre, CATMA - Computer Aided Textual Markup & Analysis, CAT - Coding Analysis Toolkit, Compendium, ELAN, FreeQDA, LibreQDA, QDA Miner Lite (versão simples mas livre do QDA Miner mas com funcionalidades básicas), RQDA, TAMS Analyzer e o Transana (para vídeos/áudio).

No entanto, o *software* proprietário tem actualmente a grande maioria da cota de mercado no que diz respeito à análise de dados qualitativos [4, 17, 18, 19]. Destacam-se, a nível de pacotes com necessidade de instalação, os pacotes: ATLAS.ti, Coding Analysis Toolkit (CAT), ConnectedText, Dedoose, HyperRESEARCH, MAXQDA, NVivo, QDA Miner, Qiqqa, Quirkos, Saturate, XSite.

No que diz respeito a *software* proprietário baseado na Internet, sem necessidade de instalação, destacam-se [4, 17] o: Computer Aided Textual Markup & Analysis (CATMA), o Dedoose, o LibreQDA, o QCAMap e o webQDA. O último pacote (webQDA) tem vindo a obter cota de mercado nos últimos anos no espaço ibero-americano, sobretudo devido às suas capacidades de trabalho colaborativo e facilidade de utilização em Português e Espanhol.

III. DESCRIÇÃO DOS PACOTES DE SOFTWARE

A. NVivo

O NVivo é um pacote de *software* de análise de dados qualitativos (ADQ) que começou a ser desenvolvido nos anos 90 por Tom Richards, originalmente designado de NUD*IST. Atualmente é produzido pela empresa QSR International. Foi projetado para auxiliar investigadores e projectos de análise qualitativa que trabalham com dados de texto e/ou multimédia com conteúdos muito ricos, onde são necessários níveis de profundidade de análise muito elevados sobre pequenos ou grandes volumes de dados [5, 6]

O NVivo é usado predominantemente por universitários, investigadores na área da saúde, educação e ciências sociais numa ampla gama de domínios, incluindo domínios tais como a psicologia, comunicação, sociologia e antropologia, diversos domínios na área da saúde, educação, engenharias, bem como em outros campos tais como a ciência forense, o turismo, a criminologia e o marketing [5].

O NVivo acomoda uma ampla variedade de métodos de investigação e pesquisa, incluindo a análise de redes e

organizacional, investigação baseada em evidências ou ação, análise do discurso, teoria fundamentada, análise de conversação, etnografia, revisões de literatura, fenomenologia, métodos mistos, entre outros.

Embora as potencialidades dependam da versão do *software* (e muitas só estejam disponíveis na versão Pro), o NVivo suporta quase todos os tipos de formatos de dados, tais como ficheiros de áudio, vídeos, fotos digitais, Word, PDF, folhas de cálculo, RTF, texto simples, dados da web e mídia social. Os utilizadores podem ainda trocar dados com aplicativos tais como o Microsoft Word, Microsoft Excel, SPSS Statistics, EndNote, Microsoft OneNote, SurveyMonkey e Evernote, entre muitos outros.

O sistema possui algumas funcionalidades simples para codificação automática de dados estruturados. Permite também a utilização de Memos e anotações e a importação direta de notas do OneNote ou Evernote, entre outros.

Uma das principais potencialidades do NVivo diz respeito à realização de pesquisas. O sistema permita pesquisas de texto, frequência de palavras, codificação em matrizes e pesquisas de comparação de codificações. Permite também a sumarização de grandes quantidades de dados em sumários de tópicos.

No que diz respeito às visualizações o NVivo tem um elevado conjunto de potencialidades. Tem também boas capacidades de importação, por exemplo de questionários do SurveyMonkey ou de referências do EndNote, Refworks ou Mendeley Permite ainda a troca de dados com pacotes de análise mais quantitativa tais como o Excel, Access ou SPSS para a realização de investigação utilizando métodos mistos.

O NVivo está disponível com Inglês, Francês, Alemão, Português, Espanhol e ainda de modo simplificado em Chinês e Japonês [5,6].

Disponibiliza, numa aplicação à parte, potencialidades simples para trabalho em grupo, embora sem custos bem definidos (estando estes dependentes do projeto) nem potencialidades que realmente permitam um completo trabalho colaborativo em equipa.

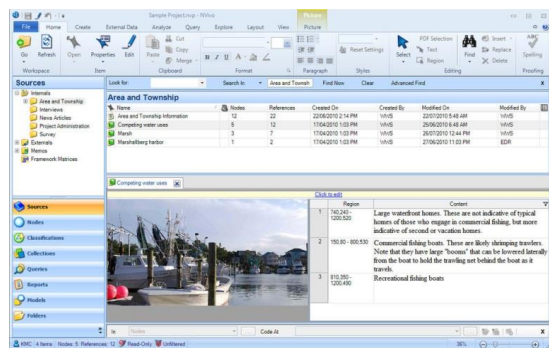


Fig 1: Software de Análise de Dados – Nvivo [6]

B. Atlas.ti

O Atlas.ti é uma ferramenta para investigação qualitativa que permite uma visualização multi-documento poderosa,

inclui uma análise multimídia muito bem conseguida, codificação simples de todo o tipo de tipos de dados, bem como muitas outras funcionalidades. Deste modo permite descobrir e analisar fenómenos escondidos em dados pouco estruturados tais como texto, multimídia e dados geo-espaciais. O *software* inclui ferramentas para localizar, codificar e anotar itens em documentos e depois pesar a avaliar a sua importância e visualizar as relações entre eles.

O ATLAS.ti oferece um processamento de muito boa qualidade de multimídia com imagens que podem ser totalmente codificadas em todos os detalhes e segmentos e codificações que podem ser movidas e alteradas nas suas propriedades, incluindo a dimensão.

O *software* possui boas capacidades de codificação, análise, pesquisa e visualização. Está particularmente orientado para a visualização com uma boa gestão do espaço de visualização e *layout* inteligente. Permite visualizações em rede com informações complexas mostradas através de gráficos bastante intuitivos. Os autores afirmam que isto assemelha-se de perto com o modo como memórias e pensamentos humanos são estruturados [7]. O utilizador pode manipular e exibir quase todos os objetos dentro de um projeto ATLAS.ti numa visão de rede, incluindo citações, códigos, , memorandos, famílias, documentos primários, entre outros.

O sistema possui muito bom suporte de documento PDF de modo semelhante ao Acrobat Reader e visualizadores PDF semelhantes. Ao contrário de muitos outros pacotes de *software* CADQAS mantém o PDF original sem o transformar imediatamente em texto, mantendo, deste modo, os dados iniciais inalterados e prontos para outras análises. Permite ainda a ligação a diversos tipos de sistemas de realização de inquéritos (tais como Google docs) para importação de dados, embora esta funcionalidade seja relativamente simples neste sistema.

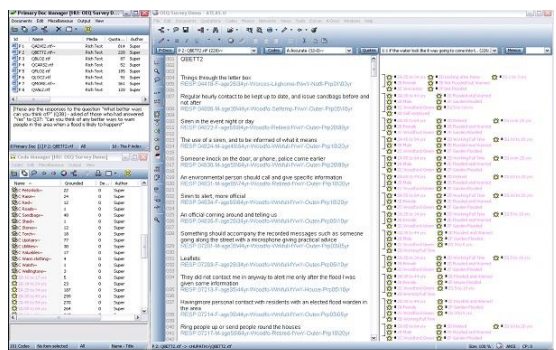


Fig 2: *Software* de Análise de Dados – Atlas.ti [17]

Uma característica muito interessante do ATLAS.ti é o suporte de geo-referenciação. O ATLAS.ti incorpora o Google Earth e torna as suas funcionalidades disponíveis dentro do próprio *software* de análise qualitativa. Isto tem benefícios interessantes (embora para já de utilização razoavelmente limitadas) mas abre possibilidades fantásticas para desenvolvimentos futuros.

Embora o sistema afirme que a instalação de ATLAS.ti 7 tem sempre totalmente habilitado o trabalho em equipa, sem custos adicionais, sem licenças especiais e sem componentes ou *add-ons* adicionais, na realidade as capacidades de trabalho em equipa do sistema são muito simples. Estão restringidas a ferramentas simples de junção de projetos, gestão simples de utilizadores e repositórios de documentos compartilháveis para cada projeto.

C. Dedoose

O Dedoose é essencialmente uma aplicação web para a investigação em métodos qualitativos e métodos mistos desenvolvido pela UCLA – Universidade de Califórnia em Los Angeles [9,10]. O Dedoose é uma muito boa alternativa para outros pacotes de *software* de análise de dados qualitativos, pois está bastante vocacionado para facilitar a investigação rigorosa utilizando métodos mistos e incluindo uma vasta gama também de métodos quantitativos. O *software* é muito usado por investigadores financiados pela Fundação William T. Grant. O Dedoose essencialmente ganhou grande reconhecimento pela sua integração de métodos de análise de dados qualitativos e quantitativos em combinação com visualizações de dados interativas.

O Dedoose tem uma interface relativamente simples e fácil de utilizar, embora com um nível de funcionalidades elevado mas tendo em conta de facilitar a tarefa do utilizador não lhe fornecendo imediatamente demasiadas das características mais complexas e poderosas. O Dedoose possui também bastantes visualizações de dados interactivas de modo a auxiliar o utilizador a encontrar e explorar rapidamente padrões ocultos nos dados de modo a perceber o significado e conteúdo qualitativo associada. A empresa afirma [9] que se o utilizador acha importante "ver para crer" e "uma imagem vale mais que mil palavras", então vai adorar esta parte do Dedoose e considerar valiosas as análises, apresentações e visualizações dos resultados da investigação fornecidos pelo *software*.

O Sistema baseia-se no conceito "Anytime, Anywhere", ou seja, qualquer dispositivo ligado à Internet terá possibilidade de utilizar o sistema. Deste modo utiliza um ambiente seguro baseado na web de modo a ser possível aceder e trabalhar os dados em qualquer lugar e em qualquer plataforma sem preocupações com a compatibilidade do sistema e em coordenação com a equipa de trabalho.

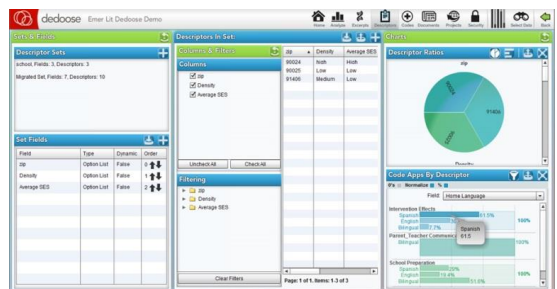


Fig 3: *Software* de Análise de Dados – Dedoose [10]

O sistema permite obter ficheiros de dados de mídia de modo rápido e fácil. Texto, áudio e vídeo podem ser: notas, observações, entrevistas, grupos focais, transcrições, manuscritos, imagens, áudio, vídeo ou *hiperlinks* em formatos diversos desde .doc, .txt, .pdf, .mp3, .mp4, .wma, entre muitos outros.

O Dedoose procura ser uma plataforma colaborativa de trabalho em equipa. Procura obter eficiência na colaboração, sendo fácil fornecer a outras pessoas o acesso a um dado projeto e controlar os seus níveis de acesso para manter os dados importantes seguros mas mesmo assim permitir que os membros da equipa façam o trabalho que são responsáveis. No entanto, e mesmo diante deste modelo de funcionamento e intenções, o Dedoose ainda tem potencialidades de colaboração muito simples.

D. MAXQDA

O MAXQDA é um software profissional para análise de dados utilizando métodos qualitativos e mistos disponível para Windows e Mac [11, 12]. Tal como os pacotes de *software* anteriores, o MAXQDA não se limita um tipo de abordagem de pesquisa ou método. O *software* permite organizar, avaliar, codificar, anotar e interpretar diversos tipos de dados, criar relatórios e visualizações e compartilhar a análise com outros investigadores. Para além de permitir a realização de investigação qualitativa o sistema possui um conjunto de potencialidades para a realização de análises mistas ou quantitativas.

O sistema tem excelentes capacidades de importação de dados, permitindo importar texto, tabelas, imagens, PDFs, áudio, vídeo, dados do SPSS, transcrições de “*focus group*”, *tweets* do twitter, dados bibliográficos do Endnote e outros. Permite depois a organização de dados em grupos e conjuntos e disponibiliza potencialidades de *logbook* e de *backup* automático. Permite depois a exportação numa vasta gama de formatos tais como texto, tabelas, imagens, *html* e *xml*.

A nível de codificação tem também potencialidades poderosas, incluindo codificação por “*drag and drop*” de quase todos os formatos e um sistema hierárquico de codificação que permite até 10 níveis de hierarquia. Permite ainda a utilização de favoritos, cores e emoticons, utilização de atalhos do teclado nas tarefas e a atribuição de pesos, comentários e sumários aos segmentos codificados. É relativamente simples a reorganização da codificação através de “*drag and drop*” e da utilização de potencialidades de “copiar e colar”. A disponibilização de um mapa visual de codificação e potencialidades de importação/exportação de codificação também auxiliam nesta tarefa. O sistema permite também a utilização de Memos para organização de teorias e notas.

No que diz respeito à análise de dados, o *display* de resultados é interativo e a actualização de resultados automática. O sistema de filtragem de resultados permite filtragens por activação, variáveis, cores, pesos, autores, entre outros. Todas as pesquisas e filtros criados podem ser gravadas para utilização futura. O MAXQDA disponibiliza também métodos mistos, incluindo importação de dados do SPSS, estatística descritiva, tabelas de frequência, análise de

similaridades e a ligação simples entre as análises qualitativas e quantitativas.

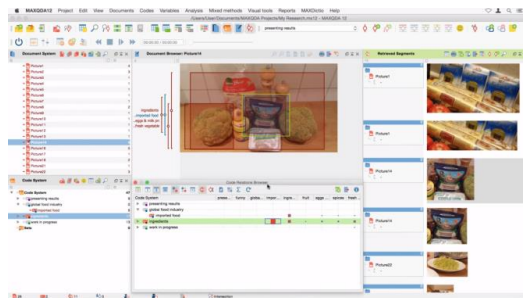


Fig 4: *Software* de Análise de Dados – MaxQDA [11]

As potencialidades para trabalho colaborativo são muito reduzidas limitando-se à junção de dois projectos, exportação ou importação de elementos entre projectos a atribuição simples de perfis na gestão do projeto. Torna-se extremamente difícil trabalhar colaborativamente com o *software* dada a indisponibilidade de potencialidades colaborativas e a indisponibilidade de uma versão Web.

O sistema possui ferramentas de visualização bastante interessantes e interactivas tais como o MAXMaps, o Code-Matrix-Browser, o Code-Relations-Browser, o Codeline, o Document portrait e o Document comparison chart, entre outros. Permite também “Tag clouds” com as palavras utilizadas com maior frequência.

O sistema disponibiliza ainda uma aplicação simples gratuita para iOS e Android (MAXApp) para recolha de vídeo, áudio, fotografias ou texto e transferência para projectos MAXQDA.

E. webQDA

O webQDA (Web Qualitative Data Analysis) é um *software* de análise de dados qualitativos num ambiente colaborativo e distribuído (www.webqda.net). Apesar de existirem alguns pacotes de *software* que tratam de dados não numéricos e não estruturados (textos, imagem, vídeo, entre outros) em análise qualitativa, nenhum deles pode ser utilizado por vários investigadores num ambiente de trabalho colaborativo e distribuído como a Internet pode oferecer. O webQDA é um *software* direcionado a investigadores, no contexto académico e empresarial, que necessitem de analisar dados qualitativos individual ou colaborativamente, de forma síncrona ou assíncrona. O webQDA segue o desenho estrutural e teórico de outros programas diferenciando-se de todos estes por proporcionar trabalho colaborativo *online* em tempo real e um serviço de apoio à investigação [14].

O webQDA permite organizar, codificar, recodificar, anotar e interpretar diversos tipos de dados, exportar diferentes *outputs* e compartilhar e desenvolver a análise com outros investigadores. Funciona em qualquer *browser* e em todos os sistemas operativos: Windows, Mac e Linux. O facto de estar disponível na web esta ferramenta disponibiliza funcionalidades de promoção do trabalho colaborativo: comunicação, coordenação e cooperação.

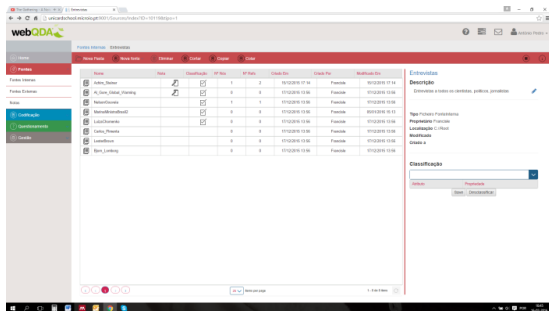


Fig 5: Software de Análise de Dados – webQDA [13]

O webQDA possibilita a importação de texto, imagens, áudio e vídeos. Também permite efectuar a ligação externa a diferentes tipos de fontes, como por exemplo, o YouTube. Permite depois a organização de dados em grupos e conjuntos e disponibiliza potencialidades de *backup* automático. Permite depois a exportação numa vasta gama de formatos tais como texto, tabelas, imagens, pdf e xml.

A nível de codificação tem também potencialidades poderosas, incluindo codificação rápida (técnica Invivo) de quase todos os formatos e um sistema hierárquico de codificação sem limite de níveis de hierarquia. É relativamente simples a reorganização da codificação através da utilização das funcionalidades de “copiar”, “cortar”, “colar” e “mesclar”.

Tabela I. Análise Comparativa de Pacotes de Software com ampla utilização no espaço Ibero-americano.

Dimensão/ Software	NVIVO	ATLAS.TI	DEDOOSE	MAXQDA	WEBQDA
WebPage	qsrinternational.com	atlasti.com	dedoose.com	maxqda.de	webqda.net
Última Versão	Nvivo 11	Atlas.ti	Dedoose	MaxQDA 12	webQDA 3
Plataforma / Sistemas	Windows/Mac.	Windows/Mac.	Web.	Windows/Mac.	Web.
Línguas	Inglês, Outras.	Inglês, Espanhol e Alemão.	Inglês, Outras.	Inglês, Outras.	Português, Espanhol, Inglês.
Licença	Comercial/Educativa	Comercial	Comercial	Comercial/Educativa	Comercial/Educativa
Preços para versões educacionais (referidos a Fevereiro de 2016)	245, 485 ou 645 euros dependendo da versão (mais barato para versão muito limitada) embora com possibilidade de licenças com tempo e funcionalidades muito limitadas para estudantes (55 Eur para um projeto de um ano).	505 euros embora com possibilidade de licenças com tempo e funcionalidades limitadas para estudantes (2 anos ou 1 semestre) com preços de 75 Eur ou 39 Eur.	Aproximadamente 139 euros/ano (descontos para grupos de dimensão elevada e estudantes).	430 euros embora com possibilidade de licenças com tempo e funcionalidades limitadas para estudantes (2 anos ou 1 semestre) com preços de 118 Eur ou 37 Eur.	108 euros/ano (descontos para estudantes e/ou tempo limitado de utilização).
Vídeo e Áudio	Vídeo e Áudio.	Vídeo e Áudio.	Vídeo e Áudio (com limitação do tamanho).	Vídeo e Áudio.	Vídeo e Áudio. Incluindo conexão com o Youtube.
Anotação de Dados	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Codificação	Sistema de Nós	Sistema de Nós	Sistema de Nós	Sistema de Nós	Sistema de Nós
Pesquisa/Queries	Em textos, objectos e referências codificadas	Em textos, objectos e referências codificadas	Em textos, objectos e referências codificadas	Em textos, objectos e referências codificadas	Em textos, objectos e referências codificadas
Tipos de Pesquisa	Palavras frequentes, busca de expressões, Cruzamentos de códigos (Matrizes)	Palavras frequentes, busca de expressões, Cruzamentos de códigos (Matrizes)	Palavras frequentes, busca de expressões, Cruzamentos de códigos (Matrizes)	Palavras frequentes, busca de expressões, Cruzamentos de códigos (Matrizes)	Palavras frequentes, busca de expressões, Cruzamentos de códigos (Matrizes)
Visualização de Dados	Sim. Elevado número de gráficos.	Sim. Elevado número de gráficos.	Sim. Elevado número de gráficos.	Sim. Elevado número de gráficos.	Sim. Elevado número de gráficos.
Importação/Exportação de dados	Excel, DOC e Imagens de gráficos	Excel, DOC e Imagens de gráficos	Excel, DOC e Imagens de gráficos	Excel, DOC, PDFs e Imagens de gráficos	Excel, DOC e PDF
Trabalho de Equipa/Colaborativo	Não (Instalação local). Pode ser realizado	Não (Instalação local).	Sim.	Não (Instalação local). Unicamente tem a	Sim. Diversas potencialidades para

A disponibilização de um mapa visual de codificação e potencialidades de importação/exportação de codificação também auxiliam nesta tarefa. O sistema permite também a utilização de Notas que funcionam, essencialmente, como “lembretes”. No que diz respeito à análise de dados, o *display* de resultados é interactivo e a actualização de resultados automática.

IV. ANÁLISE COMPARATIVA DOS PACOTES DE SOFTWARE

A tabela I apresenta uma análise comparativa simples dos 5 pacotes de *software* com larga utilização com ênfase no espaço ibérico e ibero-americano. Como indicado anteriormente, para a análise foram seleccionados os pacotes: NVivo, Atlas.ti, Dedoose, MaxQDA e webQDA.

Todos os pacotes de *software* analisados são de cariz comercial com preços (mesmo para versões de educação/utilização científica) bastante elevados para as versões completas mas que rondam os 10 euros mensais para utilização mensal. Verifica-se que nesta categoria relativa à utilização mensal, o *software* webQDA possui o menor preço embora as diferenças não sejam muito significativas.

Relativamente às plataformas de utilização, destacam-se o Dedoose e o webQDA pois permitem a sua utilização Web sem necessidade de instalação no computador.

	utilizando a versão NVivo for Teams com licenciamento com custos elevados e decidido caso a caso.			possibilidade de juntar 2 projetos ou transferir elementos entre projectos.	trabalho em equipa e colaborativo.
Demo Version	14 dias	Ilimitado mas com grandes restrições de funcionalidades	30 dias	30 dias	30 dias
Formação	NVivo Training e NVivo Resources. Cursos básicos e avançados em diversas línguas, webinars e tutoriais.	Free ou Premium (pago) Training e tutoriais em vídeo.	Forum, suporte, seminários e possibilidade de formação direta one-to-one.	MAXQDA Training Center. Tutoriais, vídeos e manuais online.	Diversos tipos de cursos desde o nível básico ao avançado com vasta gama de formadores em Portugal, Brasil e outros países de língua Portuguesa ou Espanhola.
Dimensão/ Software	NVivo	ATLAS.TI	DEDOOSE	MAXQDA	WEBQDA

V. CONCLUSÕES

Os pacotes de *software* para Análise de Dados Qualitativos são ferramentas muito úteis para auxílio aos investigadores que desenvolvem projetos de investigação qualitativa ou mista. Possuem potencialidades para auxiliar na transcrição, escrita e anotação, codificação e interpretação de texto, abstracção recursiva, análise e pesquisa de conteúdo análise de discurso, mapeamento de dados, metodologia da teoria fundamentada, entre vários outros tipos de análise.

Existe um elevado número de pacotes disponíveis para análise qualitativa, de diversos tipos, desde os pacotes gratuitos aos proprietários e desde os pacotes com instalação aos pacotes que funcionam via web.

Este artigo analisou de modo muito simples os pacotes de *software* de análise qualitativa mais relevantes comparando suas características em diferentes áreas tais como a gestão e organização de dados, anotação de dados, pesquisa e consulta de informação, visualização de dados, capacidades de importação/exportação e recursos para trabalho em equipa e trabalho colaborativo.

Da análise realizada pode-se concluir que os pacotes de *software* analisados possuem uma ampla gama de funcionalidades. Pode também concluir-se que a colaboração e trabalho de equipa é uma preocupação actual de todos os pacotes de *software* mas que ainda só está suficientemente desenvolvida nos pacotes de cariz de instalação web.

Como trabalho futuro será de extrema utilidade a utilização deste estudo para, baseado num inquérito alargada a utilizadores, realizar a definição de um conjunto de potencialidades e funcionalidades que um *software* de análise qualitativa deverá conter. Será ainda útil o alargamento do estudo a um conjunto mais alargado de pacotes de análise qualitativa, incluindo o conjunto emergente de pacotes livres/código aberto.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto estratégico LIACC – Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores (PEst-OE/EEI/UI0027/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Mozzato, D. Grzybovski (2011). Análise de conteúdo como técnica de análise de dados qualitativos no campo da Administração: potencial e desafios. *Rev. Administração Contemporânea*, 15(4), 731-747.
- [2] Felipe Nodari, Mauren Soares, Guilherme Wiedenhoft, Mírian Oliveira, Contribuição do Maxqda e do NVivo para a Realização da Análise de Conteúdo, 38º Encontro da ANPAD, Brasil, pp. 13-17 Set, 2014
- [3] E. K. Saillard (2011). Systematic versus interpretive analysis with two CAQDAS packages: NVivo and Maxqda. *Forum: Qualitative Social Research*, 12(1), art. 34, 2011
- [4] Wikipedia - Computer-assisted qualitative data analysis software, online, disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_assisted_qualitative_data_analysis_software, Consultado em Fev. 2016
- [5] NVivo Website, online, disponível em: <http://www.qsrinternational.com/>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [6] Wikipedia –NVivo, online, disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/NVivo>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [7] ATLAS.TI Website, online, disponível em: <http://atlasti.com/>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [8] Wikipedia - ATLAS.TI, online, disponível em <http://en.wikipedia.org/wiki/Atlas.ti>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [9] Dedoose WebSite, Great Research. Made Easy! - online, disponível em: <http://www.dedoose.com/>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [10] Wikipedia - Dedoose, online, disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Dedoose>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [11] VERBI GmbH, MAXQDA – The Art of Data Analysis, online, disponível em <http://www.maxqda.com>, Consultado em Fevereiro, 2016
- [12] Wikipedia - MAXQDA, online, disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/MAXQDA>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [13] webQDA Website, webQDA - Software de Apoio à Análise Qualitativa, , online, disponível em: <https://www.webqda.com/>, Consultado em Fevereiro de 2016
- [14] F. N. Souza, A. P. Costa, A. Moreira, “Análise de Dados Qualitativos Suportada pelo Software webQDA,” in *VII Conf. Internacional de TIC na Educação: Perspetivas de Inovação*, 2011, pp. 49–56.
- [15] Ann Lewins, Christina Silver: Using Software in Qualitative Research: A Step-by-Step Guide, 2007, Sage Publications, Los Angeles, London,
- [16] QSR International, What is qualitative research?, QSR International, Consultado em Dezembro, 2015
- [17] Social Science Software - Qualitative, online, disponível em: <http://www.sosciso.de/en/software/datenanalyse/qualitativ/>, Consultado em Fev. 2016
- [18] CADQAS at Surrey online, disponível em: <http://www.surrey.ac.uk/sociology/research/researchcentres/caqdas/>, Consultado em Fev. 2016
- [19] Predictive Analytics Today, Top 13 Qualitative Data Analysis Software , online, disponível em: <http://www.predictiveanalyticstoday.com/top-qualitative-data-analysis-software/> Consultado em Fev. 2016

On Privacy in User Tracking Mobile Applications

Marko Gašparović¹, Pedro Nicolau¹, Ana Marques¹, Catarina Silva^{1,2}, Luis Marcelino^{1,3}

¹School of Technology and Management, Polytechnic Institute of Leiria, Portugal

²Center for Informatics and Systems, University of Coimbra, Portugal

³Instituto de Telecomunicações, Portugal

{2152124, 2150119, 2151668}@my.ipleiria.pt, {catarina, luis.marcelino}@ipleiria.pt

Abstract: In mobile applications, user tracking with Global Positioning System (GPS) can be very beneficial, making life easier for the user, by e.g. finding points of interest nearby, such as gas stations, super markets, restaurants etc. Nevertheless, the location of the user can be misused and hence privacy issues can become a relevant problem in mobile application development. Technically, location is determined either internally by the device or externally by interacting systems and networks. The resultant location information may be stored and used under various conditions and applications can track the position of the user without his/her consent and eventually misuse it for instance with the intent of sending redirected publicity or even getting logs of the user's location. However, the user's location may not always be obtained using the most precise location function available. In this work we discuss and propose different options for the accuracy geo localization in an application can be and uphold that it is up to the developer to decide which method is appropriate or that the user should have the freedom to define his/her privacy thresholds. These thresholds can be extremely variable both between users and scenarios, and we present a survey to approach this issue. Results show that users are concerned with privacy issues, but they are not necessarily acting accordingly to keep their privacy at a high level of protection. Finally, we point out that developers shouldn't misuse possibilities of tracking and users should be more cautious with application permissions as will be shown in a real case study.

Key words: GPS, geo-localization, positioning system, geo-localization, user tracking, privacy.

I. INTRODUCTION

In today's world users are greatly dependent on their smartphones, at a point that sometimes they forget about privacy and how much data they make available to others by accepting permissions, privacy policies etc. This can be a big problem considering that in the near future, by 2020, there will be nearly 50 billion devices connected to internet [1]. In

such a mobile world, this means users may have to accept application permissions not only on their smartphones, but also on smart TVs, smart watches, and smart glasses, among others. Sometimes, these permissions are not required for the mobile application, but serve to create an advertising environment that adapts the location and user's interests. Users take several risks when they systematically accept these permissions. They may be exposing their location and/or their internet habits or the final destination for unclear purposes. This paper addresses the use of different geo-location precision and how much different users of mobile applications care about their privacy.

In the next section we will present state of the art strategies to deal with different privacy issues in the field of mobile application's permissions as well as geo-localization. Then, in Section III, we will discuss location services precision, including how to get user's location and different accuracy options. In Section IV we will present user testing on user privacy and compare them. Finally, we will discuss the results obtained from the location services precision tests and present final conclusions.

II. STATE OF THE ART

Since the mobile application market drastically increased, there have been many problems related to malicious applications that leak user's private information stored in smart devices [2]. For instance, in 2012 it was revealed that the *Path* application automatically uploaded smartphone users' entire address books to its servers. This resulted in generalized protest from users and the provider reviewed the privacy permission model [3]. Other prior work has found that many Android and iOS applications share the user's location with third parties and expose the device identifier to trackers [4]. This behaviour is adopted by applications that are not considered malware, and it occurs in spite of the existing permission architecture. Since 2010 the growth of the Android platform has unfortunately triggered the interest of unscrupulous application developers. Android grayware collects excessive amounts of personal information (e.g., for aggressive marketing campaigns), and malware harvests data or sends premium SMS messages for profit.

Grayware and malware have both been found in the Android Market, and the rate of new malware is increasing over time [5]. In a survey [6] results suggest that it may be possible to provide privacy control interfaces with simple explanations to empower users to make an informed choice about obfuscation based on their own privacy concerns. The results in this paper indicate that among four dimensions of privacy that concern, collection and secondary use are the main factors affecting perceived risk, whereas errors are the main factor affecting trust. Trust affects perceived risk, and both factors determine usage intention [7]. Since we are becoming surrounded by applications on different devices, users are increasingly interested in the quality of technology products. With a good product, a user is also concerned with the product's strategy towards privacy. Application privacy research has produced many useful tools to analyse the privacy-related behaviours of mobile apps. However, these automated tools cannot assess people's perceptions of whether a given action is legitimate, or how that action makes them feel with respect to privacy. Application permission is different between iOS and Android. In the older versions of Android users had to accept all the permissions in order to install application. If any of the permissions could not be accepted, it was not possible to install the application. Users of iOS devices have always had possibility to install application and only when a permission was required the system prompted the user for authorization. Users could then accept that a permission or reject it. From Android OS 6.0 – Marshmallow, users have also this option and more, they can choose which permission they never want to apply with the application.

III. LOCATION SERVICES PRECISION

To get the user position, applications can take it from the GPS (if available) or from external systems or networks. The accuracy of these methods varies and developers must decide what is the required precision for the application to work. In the programming environments for iOS and Android there are particular levels of precisions to get the best information for the application and yet to reduce privacy issues, as well as save phones battery.

A. Getting the user's location

There are two options for setting up location-related services [8]:

- Use the standard location service, which allows you to specify the desired accuracy of the location data and receive updates as the location changes;
- Use the significant location change service, which provides a more limited set of tracking options but offers significant power savings over the standard location services.

There are several specific functionalities when programming mobile applications for iOS or Android where developer can set the different precisions of the location services. The Location Manager class (CLLocationManager on iOS or LocationManager on Android) is the central point for configuring the delivery of location and heading-related events. A Location Manager object tracks large or small changes in the user's current location with a configurable degree of accuracy [9] [10]. This configurable degree of accuracy is explained more detailed in Section 0 where we present the difference between types of accuracy.

B. Ways of getting user location

There are different ways of getting the users position depending on amount of accuracy application needs to use.

a) Network – based

Location can be determined using a network infrastructure, such as cellular towers. The accuracy of network-based techniques varies according to the available cells that are triangulated and existing obstacles [11].

b) Handset-based

In this solution, the mobile device determines its position technique determines the location based on of the handset by putting its location by cell identification, signal strengths of the home and neighbouring cells, which is continuously sent by the carrier [11].

c) Wi-Fi

Typical parameters useful to geo-locate device is getting the Wi-Fi hotspot's the SSID and the MAC address of the access point where the device is currently connected [12].

d) GPS

The best and most precise technique of getting users' location. It uses a network of about 30 satellites orbiting the Earth and each one transmits information about its position and the current time at regular intervals. The GPS receiver triangulates these time stamped signals to determine its position [13].

C. Desired accuracy

Some of generic accuracy ranges are available both in iOS and Android:

- a) Best for Navigation
- b) Hundred Meters
- c) Kilometer
- d) Few Kilometers

Within making of application developers are assigning one of these values to the 'desired accuracy' property for usage in certain scenario, based on how much accuracy an application needs. Depending on the information about user's location needed developers should use corresponding value and this is where some of the developers misuse this option. If high accuracy is not needed, then developer

should specify accuracy *Kilometer* and not accuracy *BestForNavigation*. Determining a location with greater accuracy requires more time, more power and less privacy for the end user.

IV. SURVEY ON USER PRIVACY

When it comes to privacy one big part is the users themselves. It is important to see how much people care about their private information and how comfortable they are with revealing that data to the application. We performed a privacy study with 40 participants of which 21 males and 19 females. In this test our main goal was to determine the amount of concern among people when it comes to privacy related to a user location. In this study we wanted to cover the real purpose of the test, which is privacy about user location, and set up the questions related to privacy in general so the participant is not aware of the fact that main goal of the test is about location privacy, therefore, the study becomes much more secure of having the correct and satisfying results. Additionally, we reached some other interesting conclusions that we present later in this paper.

A. Internet survey – results and discussion

This internet survey about mobile application consisted of 10 questions, 8 of them regarding mobile privacy. In the first two questions we wanted to find out the gender of the participant and the group age. Questions regarding how comfortable users are about revealing certain data were about:

- Favorite TV show
- Full name
- Age
- Phone number
- Precise location
- Do they check application permissions
- Are the application permissions important do them
- Are they concerned about their privacy

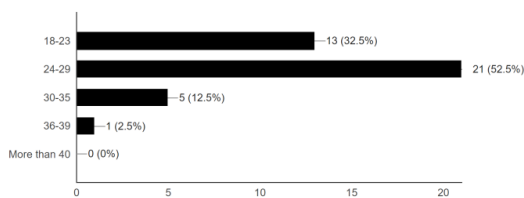


Figure 1 – Age groups

Questions are not only related about the location privacy not to induce opposing feelings with users so they don't take defensive attitude, basically to have more objective results. Figure 1 shows the age groups results. We had 40 participants of which 52.5% were males and 47.5% females. As we can see on the **Error! Reference source not found.** the most substantial age group was between ages 24 and 29 where we have 21 users. Second largest group was between

ages 18 and 23 and after that follows 30 – 35 group and we had no one who was more than 40 years old. Since we are dealing here most with the young age groups this is not a representation of all age groups, but it is a rather representation of the users between ages 18 and 35.

In this research our guideline was the graph from AT&T Labs-Research Technical Report from year 1999 concerning what is the percentage of comfort zones for the person and for the person's child [14]. As shown in the Figure 2 we can see that comfort levels for insensitive data such as Favorite TV show or Favorite snack has a reasonably high percentage, whereas for sensitive data such as social security and credit card numbers people tend to care much more and to reveal that data they don't feel as much as safe.

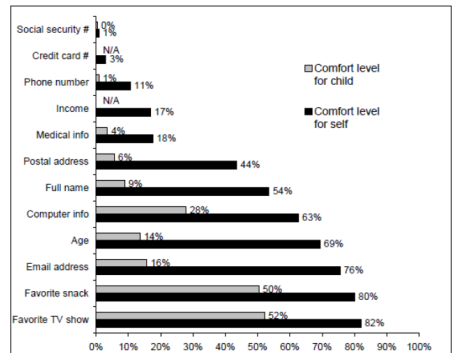


Figure 2 - Comfort levels

In our research we wanted to compare this graph in Figure 2 with the new data, which we would get and the results are explained further in the section. We also emphasize that all the survey presented is about mobile application privacy and how comfortable they are about revealing certain data to the application if they need to use it. For all the questions regarding how comfortable they are we had 5 levels of comfort.

- Very comfortable
- Comfortable
- Neither
- Uncomfortable
- Very uncomfortable

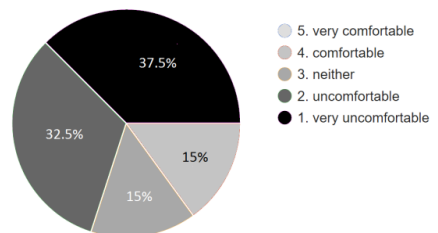


Figure 3 - Comfort of revealing precise location to the app

Comfort level

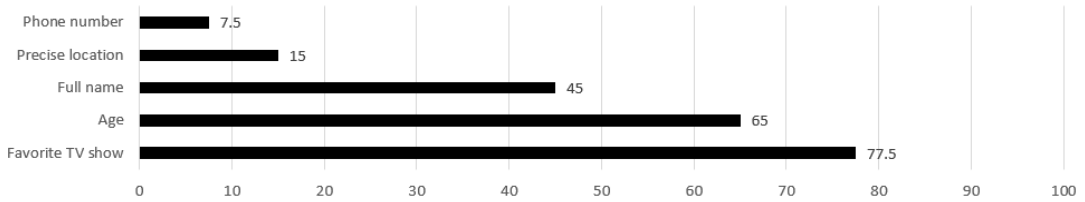


Figure 4 - Levels of comfort

Concerning favorite TV show our results showed us that results in two research are consistent and that people are not over concerned about revealing this kind of data - 77.5%, but some of the participants responded they are not comfortable matching the results with the Figure 2. Revealing their age most of the people 67.5% said that they have nothing against revealing their age to the app. Regarding the question about users revealing their own full name we got divided opinions. Most of them, 45% declared as comfortable, 35% not comfortable and 20% were neither comfortable or uncomfortable. With the revealing their phone number people are not comfortable. 45% said that they are very uncomfortable and 32.5% uncomfortable and that makes high 77.5% of people would not feel comfortable about revealing their phone number.

As we can see in Figure 3 most of the participants, 37.5%, are very uncomfortable and 32.5% uncomfortable about revealing their precise location to an app. Just 15% said that they are comfortable.

Of all the questions made, precise location was one of the most delicate one and concerning privacy about the geo-locating topic participants would almost not reveal their location with ease. Since this was our main goal of the research we wanted to find out how much users actually care when it comes to actual applications. We can see that some of the problems come from the users themselves since we didn't get so satisfying results when it comes to checking application permissions before installing one.

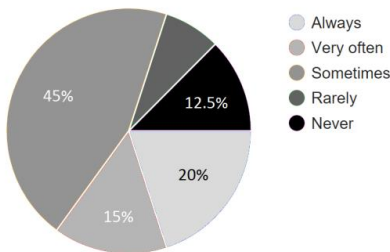


Figure 5 - Application permission checking

In Figure 5 we see that the percentage of people who never, rarely and sometimes check applications' permission is very

high, making it together 62%. On the other hand, when we asked are they concerned about their privacy when thinking about mobile applications, 30% of them responded how they are very concerned and 17.5% extremely concerned and yet most of them don't check permissions.

If we look at Figure 4 we see levels of comfort of participants from our survey. We took percentage of *Very comfortable* and *Comfortable* summed them and put them in the Table 1 column '*Our survey*' to compare it with Figure 2 that is, with column '*AT&T report*'. Privacy concerns with phone number, full name, age and favorite TV show are fairly the same with some minor differences. In all fields mentioned above, our survey shows slight decrease of the level of comfort, hence people are slightly more concerned about their privacy. We made a comparison between users' postal address (AT&T report, year 1999) and precise location (Our survey, year 2016) but they are rather distinct values. We considered that we could compare these two values since in that time postal address was important as precise location today, but from the AT&T report we see that users are far less worried about revealing their postal address than precise location from our survey.

Table 1 - Comparison between our survey and AT&T report

Different information	Levels of comfort	
	Our survey	AT&T report
Phone number	7.5%	11%
Precise location / postal address	15%	44%
Full name	45%	54%
Age	65%	69%
Favorite TV show	77.5%	82%

B. Geo-location precision tests and discussion (iOS device)

In this section we present the tests for different geo-location precision levels within the programming language Swift for iOS. We used an application based on geo-localization that we were developing in iOS with the goal of getting the closest bars to the position of the user and navigate him/her to the selected place. This is achieved using the API of Foursquare to get the places based on the user's position and iOS navigator. Since it is a heavy location-based application, we used it to test three of precision levels existing in Swift:

- a) Best
- b) Hundred Meters
- c) Three Kilometres

iOS always uses the best precision possible if the location services are on and the strength of the GPS signal permits, i.e. if we set a precision *HundredMeters* iOS will always get the best precision possible, but if the strength of the GPS signal is weak the application will use the selected precision. When the signal is strong the only thing that changes is the precision radius around the user. This testing showed us that if location services are on, the device will always use the best one, so we forced localization to be 'more inaccurate' where this precision value can be set in the settings of the application with the precision as user needs or wants, less precision works well in cities and saves battery. We had to programmatically set random values in the area of chosen precision and generate random position within that area (radius) to imitate users' location with reduced location precision, therefore naturally mitigating privacy issues. This way, we simulated a place with bad GPS signal and with *HundredMeters* our application still worked well because the iOS navigator would compensate in the worst case in hundred meters the user would be in the right path. However, when set on *ThreeKilometres* option we sometimes got very imprecise values making our application unreliable for location detection and navigation.

V. CONCLUSIONS

In the field of mobile application privacy concerning the position of the user, it is hard to have satisfactory defined rules, but it is important to establish a satisfying relation between how much accuracy a certain application uses and how much does it actually need. If a certain application does not require precise geo-localization, developers should not misuse this functionality to have benefits for themselves and to use this information for other purposes other than for the app itself. From our geo-location tests we found out that developers do not need always to use high precision accuracy and even with lower accuracy (*HundredMeters*) we were able to estimate the position of the user and it was enough for the purpose of our application. Although, with low accuracy (*ThreeKilometres*) we got imprecise results which made our application unreliable. Applications which are concerning about location detection and navigation needs to use higher precision, but many of the applications can work with the same functionalities even when the geo-localization is not the most precise one and it is one of the ways how to save battery. As we can see in the performed survey with the users, some of the privacy issues come from users themselves, since they do not spend enough time on questioning certain application permissions. If the user believes that a certain application asks too much of the permission (including geo localization) s/he can try to find some other application with the same functionality. Finally,

we conclude that users could be more careful in determining which permissions and data they give to which application; and application developers should not misuse the ability of getting more data than needed.

VI. BIBLIOGRAPHY

- [1] Cisco, "Internet Of Things Will Deliver \$1.9 Trillion Boost To Supply Chain And Logistics Operations," 2015. [Online]. Available: <http://newsroom.cisco.com/press-release-content?articleId=1621819>. [Accessed: 01-Jan-2015].
- [2] S. Kim, J. I. Cho, H. W. Myeong, and D. H. Lee, *A study on static analysis model of mobile application for privacy protection*, vol. 114. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012.
- [3] Cnet, "Path to pay \$800,000 to settle privacy issues with FTC," 2013. [Online]. Available: <http://www.cnet.com/news/path-to-pay-800000-to-settle-privacy-issues-with-ftc/>. [Accessed: 01-Jan-2015].
- [4] G. Egele, M., Kruegel, C., Kirda, E., Vigna, "PiOS Detecting privacy leaks in iOS applications," *Proc. 18th Annu. Netw. Distrib. Syst. Secur. Symp. NDSS 2011*, p. 11, 2011.
- [5] A. P. Felt, M. Finifter, E. Chin, S. Hanna, and D. Wagner, "A survey of mobile malware in the wild," *Proc. 1st ACM Work. Secur. Priv. smartphones Mob. devices - SPSM '11*, pp. 3 – 14, 2011.
- [6] A. J. B. Brush, J. Krumm, and J. Scott, "Exploring End User Preferences for Location Obfuscation, Location-Based Services, and the Value of Location," 2010. [Online]. Available: <http://research.microsoft.com/pubs/135611/ubicomp243-brush.pdf>. [Accessed: 08-Apr-2016].
- [7] T. Zhou, "The impact of privacy concern on user adoption of location-based services: Industrial Management & Data Systems: Vol 111, No 2," 2011. [Online]. Available: <http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/02635571111115146>. [Accessed: 08-Apr-2016].
- [8] Apple, "CLLocationManager Class Reference." [Online]. Available: https://developer.apple.com/library/mac/documentat ion/CoreLocation/Reference/CLLocationManager_Class/. [Accessed: 12-Feb-2016].
- [9] Android, "LocationManager | Android Developers," 2016. [Online]. Available: <http://developer.android.com/reference/android/location/LocationManager.html>. [Accessed: 17-Feb-2016].
- [10] Apple, "CLLocationManager Class Reference," 2015. [Online]. Available: https://developer.apple.com/library/ios/documentati on/CoreLocation/Reference/CLLocationManager_C lass/. [Accessed: 17-Feb-2016].

- [11] eTutorials.org, "Mobile Positioning Techniques :: Chapter 17: Location-Based Services :: Part Four: Beyond Enterprise Data :: Mobile and wireless design essentials :: Mobile devices :: eTutorials.org." [Online]. Available: <http://etutorials.org/Mobile+devices/mobile+wireless+design/Part+Four+Beyond+Enterprise+Data/Chapter+17+Location-Based+Services/Mobile+Positioning+Techniques/>. [Accessed: 17-Feb-2016].
- [12] about tech, "How Does a Wi-Fi Positioning System Work?" [Online]. Available: http://gps.about.com/od/glossary/g/wifi_position.htm. [Accessed: 17-Feb-2016].
- [13] physics.org, "How does GPS work?| Explore | physics.org." [Online]. Available: <http://www.physics.org/article-questions.asp?id=55>. [Accessed: 17-Feb-2016].
- [14] AT&T Labs, "Beyond Concern: Understanding Net Users' Attitudes About Online Privacy," 1999.

“Intelligent” Adaptive Learning Objects applied to Special Education needs

Extending the eLearning paradigm to the uLearning environment

Jorge Manuel Pires

Department of Informatics
Area of Computer Systems and Software
University of Vigo,
Rua Torrecedeira 86, 36208, Vigo, Spain
jorgepires.email@gmail.com

Manuel Pérez Cota

Department of Informatics
Area of Computer Systems and Software
University of Vigo,
Rua Torrecedeira 86, 36208, Vigo, Spain
mpcota@uvigo.es

Abstract — The use of computers and the Internet have changed classic methods of teaching and Learning, introducing the concept of distance Learning as a great opportunity for studying unfettered by constraints of time and space [1]. In addition, acquisition of new skills and knowledge is not only affected by an individual’s mental schemes or beliefs, but also by their interaction, cooperation and collaboration with others [1].

This perspective fits e.g. in teaching blind and deaf people alongside of *children with special educational needs*. The aim of the research developed until the moment was to prove that the full integration of the concept of teaching/learning in the light of Feuerstein and Gardner theories is advantageous in this specific field has been proved with children without difficulties [2].

The proposed architecture is based on an intelligent structure supported by Chi-square and a Genetic Algorithm – the evaluation block – supported in a special structured Learning Object, named Knowledge Block – the information and knowledge block [2].

This paper makes four critical contributions:

- (1) It presents an adaptive system to improve special educational needs;
- (2) Extends the paradigm to new fields of education as is the special educational needs;
- (3) Uses a non-linear "thinking" conducting to a correct learning path based on individual special needs of each subject in study;
- (4) Extends our research paradigm to the U-Learning environment;

Adaptive Hypermedia System, Chi-square, Cognition, eLearning, Genetic Algorithms, Intelligent Tutoring Systems, Java, Knowledge Block, Learning Management Systems, SCORM, Ubiquitous computing, Pervasive computing, XML

I. INTRODUCTION

The fast development of information and communication technologies (ICTs) has been improving human learning. Mark Weiser envisioned a world in which computers and computing is pervasive and seamlessly embedded in everyday environments and devices. Recent researches have shown that ubiquitous computing (UC), or pervasive computing (PC) may promise to support human learning in a real and smoother context [3].

The context-aware feature of ubiquitous computer environments allows applications to better understand the user’s behaviors in the real world. Cheng et al. demonstrated how a u-learning system provides services [4]:

- (1) Set the instructional requirements for each of the learner’s learning actions;
- (2) Detect the learner’s behaviors;
- (3) Comparing the requirements with the corresponding learning behaviors;
- (4) Provides personal support to the learner.

uLearning characteristics environment are given as follows:

- (1) A ubiquitous learning environment (ULE) is context-aware; that is, learner’s situation(s) of the real world environment where he or she is located can be sensed;

- (2) ULE actively provides personalized support in the right way, place and time based on personal and environmental situation of the learner in the real world as well as the profile and learning portfolio of the learner;
- (3) ULEs enable seamless learning anywhere or anytime; that is, learning occurs without interruption while learner moves from place to place;
- (4) ULE adapts the subject contents to meet the functions of various mobile devices.

Cognition has grown as a doctrine based on the various time-empirical observations, and hard data of field research evidence proof, that are mental structures underlying not only thought, but also emotion, as well as the very perception and interpretation of both, inner/internal and outer/external source information [5]. [6] Whose multiple intelligence theory is based on cognitivism, asserts that mind consists of numerous fairly specific and independent computational mechanisms, and it is in this context that research on learning styles has also been promoted. Based on cognitive learning theory, the structure of content of the cognitive matter should be organized hierarchically. Relevant research [5] has surely led to the conclusion that students learn mainly from the progressive and relation-linked construction of knowledge. This approach may well find applications in a Learning Management System (LMS) with a psycho-pedagogically driven learning path creation module [5].

From constructivist point of view, the knowledge "built" by an individual and not broadcasted, is itself both a reflective and active process. The interpretation that the individual performs of the new experience is influenced by their prior knowledge introducing in social interaction, multiple perspectives of learning. Learning requires understanding of the whole and the parts, and should be understood in a global context. In this perspective, [7] introduces one new dynamic, co-constructivism.

The theory of Structural Cognitive Modifiability (SCM) [7], far transcends the purely cognitivist approach, and advocates that every individual is modifiable, a process that is inherent to the human species.

The remaining paper is organized as follows:

Section 2 describes the related literatures review;

In Section 3 we present the research methodology;

Section 4 has a brief description of the proposed system with brief examples of past simulations;

In Section 5 are presented the final results of the research.

And finally in Section 6 we talk about the future work.

II. LITERATURE REVIEW

2.1 The Outlook

Moving from traditional learning to educational eSystems motivate learners to get increasingly involved in their learning process. The use of IT in education covers a wide range of very different activities: e.g. learning environments, course management, and much more. Because the one-size-fits-all paradigm cannot be applied to individual learning, adaptability is becoming a must. Hence, courseware is meant to be tailored according to the learner's needs.

Two main families of computerized applications aspire to offer this adaptability: Intelligent Tutoring Systems (ITS) [8] and Adaptive Hypermedia Systems (AHS) [8].

ITS [8] rely on curriculum sequencing mechanisms to provide the student with a path through the learning material. An adaptability algorithm computes this so-called personalized path corresponding to the course construction, the curriculum sequencing [8].

The process is twofold:

- (1) Find the relevant topics and select the most satisfactory one;
- (2) Construct dynamically page contents based on the tutor decision for what the learner should study next;

ITS usually provide an evaluation of the learners level of mastery of the domain concepts through an answer analysis and error feedback process that eventually allows the system to update the user's model. This process is called intelligent solution analysis [8].

AH [8] was born as a trial to combine ITS and AH. As in ITS, adaptive educational hypermedia focus on the learner, while at the same time it has been greatly influenced by adaptive navigation support in educational hypermedia [8][9]. In fact, adaptability implies the integration of a student model in the system in the framework of a curriculum which sequence depends on pedagogical objectives, user's needs and motivation.

Hence, the use of adaptive and/or interactive hypermedia systems was proposed as a promising solution [8] [9]. Adaptivity in eLearning is a new research trend which personalizes the educational process through the use of Adaptive Educational Hypermedia Systems (AEHS). These systems try to create individualized courses according to the learner personal characteristics, such as language, learning style, preferences, educational goals and progress. In this way, expect to solve some of the major problems and succeed in achieving a better learning outcome [10].

However, there are still problems in the present architectures. Information comes from different sources,

embedded with diverse formats into the form of metadata making it troublesome for the computerized programming to create professional materials [11]. The major problems are [11]:

- (1) Difficulty of learning resource sharing;
- (2) Even if all eLearning systems follow the common standard, users still have to visit individual platforms to gain appropriate course materials contents. It is comparatively inconvenient;
- (3) High redundancy of learning material;
- (4) Due to difficulty of resource-sharing, it is hard for teachers to figure out the redundancy of course materials and therefore results in the waste of resources;
- (5) Even worse, the consistency of course content is endangered which might eventually slow down the innovation momentum of course materials.
- (6) Deficiency of the course brief;
- (7) It is hard to abstract course summary or brief automatically in efficient way. So, most courseware systems only list the course names or the unit titles. Information is insufficient for learners to judge quality of course content before they enroll certain courses.

2.2 Research Justification and Purpose

By studies carried out for years, it has become evident that predict academic performance is a difficult execution task. Each research carried out, ends with the creation or implementation of a model, which seeks to explain the effect of some of the variables considered. These models generally apply statistical methods for obtaining results. It appears that these models do not include important explanatory variable. For this reason, it is necessary to develop a model which admits all the available data and interpret its meaning in conjunction, to produce the desired result [12].

As referred, adaptability is a key concept in the applicability of a correct tactic in the achievement of the objectives. Being that our approach is directed to the customization of the transmission of knowledge, by a continuous guidance of the student in the acquisition of this knowledge, and by a feedback in "real time" of the evolution of this process, we believe in the end we will get what we call individualized cognitive profile, which will enable us in each area of knowledge "know better" the learning speeds and absorption capacities and extrapolation of this knowledge on the part of the student [10].

According to Moreira [14], the teaching/learning process is composed of four elements - the teacher, the student, the content and the environmental variables (characteristics of the school, home ...) - exerting each one, greater or lesser influence on process depending on the way by which relate in a certain context. Even in social situations that are highly complex, our vision allows the absence of a choice that adversely affects the educational factor, given that the

teachers may draw a whole range of educational tools, which do not require that the student have to pay for her education.

The aim of this research was to develop a system that allows a full integration of the concept of teaching/learning in the light of theories of Feuerstein [7] and Gardner [6], supported by consensus between the theories of [15], [16] and [17], currently standing implemented in a kindergarten with the appropriate adaptations to the educational context – in this case in particular, in a special education children program.

With this research we develop a paradigm, creating a self-regulated adaptive system that allows children's involved in a special education program fill their gaps in her learning process.

Using a genetic algorithms combined with a statistical function and evaluation learning models properly defined, that, permits through the use of this architecture the individualization of pedagogical contents to transmit to each child so they can improve their cognitive profiles - or their multiple intelligences [12] [6].

The approach taken is own and covers a series of concepts inherent in the eLearning environments as are the adaptability, usability, reusability, collaboration, ubiquity and Human Computer Interaction (HCI) among others.

III. METHODOLOGY

This section describes the architecture system and our proposed approach based on the evolution technique through a structure named Knowledge Block (KB). First, an overview of the methodology and system architecture is presented in Sections 3.1 and 3.2. Section 3.3 describes the strategy used to calculate the appropriate KB. After these two processes we will apply the Genetic Algorithm (GA) and the pre-assessment statistical function to construct an appropriate learning path providing the most suitable knowledge unit to learner.

3.1 Genetic Algorithms

GA are inspired by the biological process of Darwinian evolution where selection, mutation and crossover play a major role. The good solutions are selected and manipulated to achieve new and possibly better solutions. The manipulation is done by the genetic operators that work on the chromosomes in which the parameters of possible solutions are encoded. In each generation the new solution replaces the old in the population selected for deletion [7].

The GA use the following process to "learn":

- (1) Initialization stage - The search space of all possible solutions are mapped onto a set of finite strings – in our case a 32 bit’s set string;
- (2) A randomly generated solution - Each of the initial solutions – the initial population – is evaluated by a defined fitness function, that exists with the objective to summarize the encoded performance of the chromosome;
- (3) Selection stage - where the individual genomes from the population are “chosen” for later breeding (i.e. crossover, mutation).
- (4) Operations (Crossover/Tournament and Mutation) - Crossover operation is a genetic operator that is used to swap corresponding segments of a string representation of a couple of chromosomes from one generation to the next (i.e. single and multi-point crossover, “cut and splice” ...). In our case in crossover stage we use the tournament selection method to select an individual from a population.

3.2 The Chi-Square function

The Chi-square is defined as a discrepancy measure between the observed frequencies and the expected ones [1]. [18]

The χ^2 value is calculated using the following equation:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q \frac{(n_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}} \quad (1)$$

Where p and q is the number of observed values (O_j), e_{ij} , is the expected frequency of symbols, and n_{ij} is the observed frequency.

The independence test of Chi-square allows you to check the independence between two variables of any type, grouped in a contingency table.

The theory is based mainly on the following two assumptions:

- (1) H_0 — the variables are independent - the method is valid and adequate;
- (2) H_1 — the variables are not independent - the method is not valid or adequate;

Note that the alternative hypothesis does not have any information on the type of association between the variables.

The test works by comparing the observed frequencies of each of the $p \times q$ cells, n_{ij} , with the corresponding frequencies expected under the hypothesis of independence, e_{ij} , through the value which is used for the calculation of the coefficient of contingency of Pearson [18] (1). If this value is small enough then the corresponding "barrier" is established by the significance level of the test, which means that the

differences $n_{ij} - e_{ij}$ are small, and we must accept H_0 as the valid hypothesis [18].

3.3 Methodology

TABLE I. ID CORRELATION TABLE

Real Name & Identification (e.g.)	Test Identifier (identifier structure) (e.g.)
Martim	Gn01
Matilde	Gn02
...	...
Tiago	Gn10

The methodology used is as follows: - A group composed of 17th kindergarten children was divided into two groups. A control group of 9 elements and a test group of 8 elements. In order to make the results “clean” between the researchers and the kindergarten teacher, it was created a table “Table P” that identifies both groups of children through IDs. The correspondence between the true identity and the corresponding ID are only kindergarten teacher knowledge. The obtained results of two years’ fieldwork amounted to 13600 samples.

IV. SYSTEM DESIGN AND DEVELOPMENT

The main structure for knowledge and evaluation is based on KB that is formed in a predetermined orientation "Fig. 1", with the system structure that we can observe in "Fig. 2".

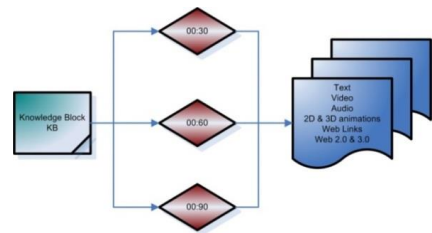


Figure 1- Orientation Layer Structure

In “Fig. 2” we can see the architecture of the system from the viewpoint of its functionalities. The system consists of two main modules; the GA based module (Java developed) is composed of a GA the pre-assessment function, and a database to save all the profile history, while the XML & SCORM based module consists of a Learning Management System (LMS) - Moodle and a KB repository.

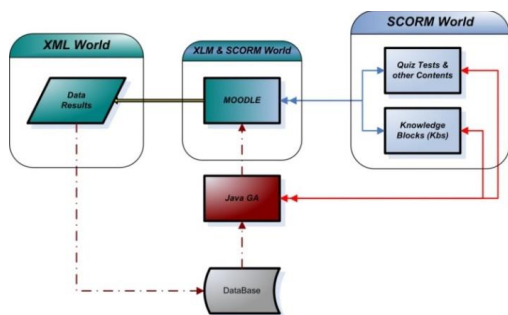


Figure 2 – System Architecture

3.3 How a Knowledge Block is chosen

The choice of a KB depends on the objective pursued; may be the improvement of a particular cognitive profile, or a particular field of study (i.e. physics, mathematics).

TABLE II. KB CODING

Reserved for Future Use	Educational Level	Cognitive Profile ID	KB difficulty level
00000000	00000	000	0000000000000000

The KB are simple structures “Fig. 1”, binary encoded with a 32-bit string as a descriptor “Table II”. This allows a greater flexibility in identification and future expansion. The grade crossing between KB is determined by the pre-evaluation function - Chi-square (1) together with the structure of “Fig. 2”.

In “Fig. 2” we can see the architecture of the system from the viewpoint of its functionalities. The system consists of two main modules; the GA based module – that is composed of a GA and a pre-assessment function (1), a database to save all the profile history, while the XML & SCORM based modules consists of a Learning Management System (LMS) - Moodle and a KB repository.

V. RESULTS OF THE RESEARCH

Since the beginning of this investigation we collect several data from several fields - Education, Pedagogy, Psychology, and Human Relations, Motivation and others, to understand the complexity of the teaching/learning process.

The advantages of the proposed system are several, namely (summarizing):

- (1) Accessible and immediate
- (2) Interactive;
- (3) Resource reusing;

- (4) Dynamic and Cognition Oriented;
- (5) Context-awareness;

With the application of this new paradigm we can observe the following positive changes in the school context (summarizing):

- (1) Teacher motivation in applying in a dynamic way the knowledge in the classroom;
- (2) Teacher motivation with the possibility of reuse the learning objects, and the facility of adapting old resources to the new model;
- (3) Understand some patterns in the learning process to better understand the tendencies of each student;
- (4) Allow the participation of parents in the educative process;

5.1 Field results

By space limitations we only present a brief comparison between the “special child” – the children in the special education program (Subject 9) and the two groups – the Test group and the Control group. From the obtained values we can infer that the method works and can help children’s in special educational programs to improve substantially their cognitive issues.

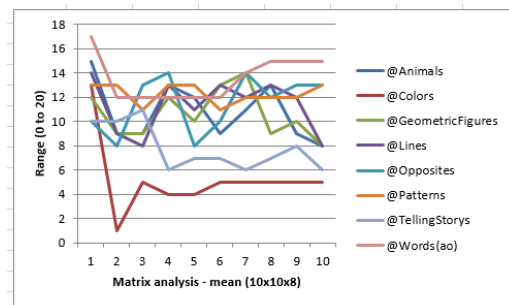


Figure 3 – Subject 9 profile layout

In previous figure “Fig. 3” we can observe that the Subject 9 has a serious educational issue. In eight matrix observations (10x10x8) he has a 10.39 (51.94%) average value, which is very low if compared with the average of control group - 18,09 (90.45%). This means a difference of 38.51% what represents a serious indicator of severe cognitive deficit. If we compare the Subject 9 to the test group the difference raises to 42.06% - almost 4 % difference more.

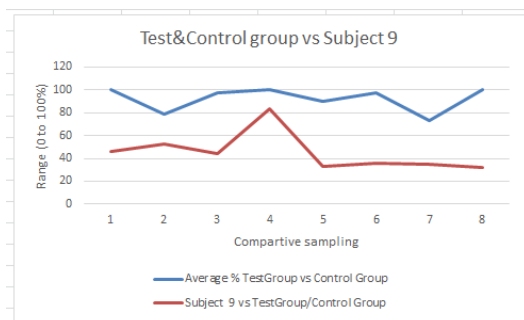


Figure 4 – Test & Control group vs Subject 9

If compared the means between the Test & Control groups vs Subject 9 "Fig. 4" it is visible the cognitive gap between them.

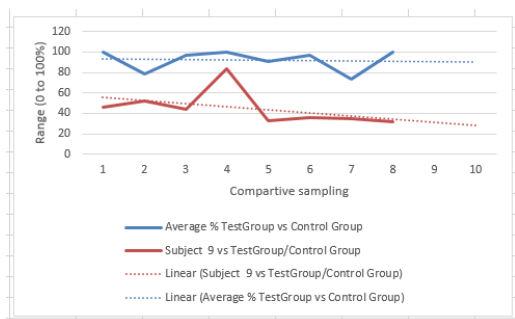


Figure 5 – Test & Control group vs Subject 9 (linear prediction)

In "Fig. 5" we can observe the future tendencies of both samplings. It is a linear prediction that show that the Subject 9 (red dotted line) tends to lower grades while the children's in the Test and Control groups (blue dotted line) tend to stabilize between 90% and 100%. This values represents the last proof that we need to validate our theory in the field of child's in special educational programs.

VI. FUTURE WORK

With this investigation we believe we've open a new field in education paradigms, since the exposed paradigm allows at any time improve the performance of children involved in special education programs, both in terms of cognitive factors or for a particular curriculum. Using the proposed methodology and the ubiquitous philosophy we can create the cognitive profile of people with disabilities, e.g. lack of

vision, hearing. Given that as explained in chapter V we have always access to educational resources (all kind of resources) as the ubiquitous philosophy implies.

REFERENCES

- [1] Buzzi, Maria Claudia et al. (2012), "Designing E-Learning Collaborative Tools for Blind People", Chapter 7, InTechOpen "E-Learning – Long-Distance and Lifelong Perspectives", ISBN: 978-953-51-0250-2, Published: March 14, 2012.
- [2] Pires, Jorge Manuel and Cota, Manuel Pérez (2015), "A New Learning Cognitive Architecture using a Statistical Function and Genetic Algorithms – An Intelligent new e-Learning Model", International Conference on e-Learning 2015 (eCONF '15), Manama, Bahrain.
- [3] Luyi, Li; Yanlin, Zheng; Fanglin, Zheng, "Design of a Computer-supported Ubiquitous Learning System, School of Education Science, School of Media Science, Northeast Normal University, ChangChun, China.
- [4] Hwang, Gwo-Jen, "Criteria and Strategies of Ubiquitous Learning", Department of Information and Learning Technology, National University of Tainan, Taiwan.
- [5] Kerkiri et al. (2010). A Learning Style - Driven Architecture Build on Open Source LMS's Infrastructure for Creation of Psycho-Pedagogically - 'Savvy' Personalized Learning Paths, E-Learning Experiences and Future, ISBN 978-953-307-092-6.
- [6] Gardner, H. (1993). Multiple Intelligences: The theory in practice. Basic Books. New York. USA.
- [7] Feuerstein, R. (1990). The theory of structural modifiability. In B. Presseisen (Ed.), Learning and thinking styles: Classroom interaction. National Education Associations. Washington DC, USA.
- [8] Madhour, Hend and Forte, Maia Wentland (2010). Personalized Learning Path Delivery, Advances in Learning Processes, ISBN 978-953-7619-56-5.
- [9] Brusilovsky, P. (1999). Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. Künstliche Intelligenz.. Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching, vol. 4, pp. 19-25.
- [10] Kazanidis, Ioannis and Satratzemi, Maya (2009). Towards the Integration of Adaptive Educational Systems with SCORM Standard and Authoring Toolkits, Advanced Learning, ISBN 978-953-307-010-0.
- [11] Liu, Feng-Jung; Shih, Bai-Jiun (April 1, 2010). Application of Data-Mining Technology on E-Learning Material Recommendation. In: *E-learning Experiences and Future*. InTech, ISBN 978-953-307-092-6, Vukovar, Croatia.
- [12] Groppo, Mario Alberto (2010). Doctoral Thesis – "Métodos de Evaluación por Computadoras para Reforzar la Interacción Docente-Alumno", University of Vigo, Spain.
- [13] Minsky, Marvin (1956). Heuristic Aspects of the Artificial Intelligence Problem, MIT Lincoln Laboratory Report 34-55, Massachusetts, USA.
- [14] Pires, Jorge Manuel (January 18, 2016). Doctoral Thesis – "Evolutionary Intelligent E-Learning Applications Systems based on Genetic Algorithms", University of Vigo, Spain.
- [15] Skinner. B.F. (1968). The technology of teaching, Appleton-Century-Crofts Publishers Inc, New York, USA.
- [16] Piaget, Jean; Inhelder, Bärbel (1969). The Psychology Of The Child, Basic Books Publishers Inc, ISBN 0-465-09500-3, New York, USA.
- [17] Gagné, Robert M. (1971). Las condiciones del aprendizaje, Ediciones Aguilar, Madrid, Spain.
- [18] Spiegel, Murray R. (1994). Estatística, MAKRON Books do Brasil Editora Lda, 3ª Edição, São Paulo, Brasil.

Estudo sobre a Necessidade de Plataformas para a Gestão da Herança Digital

A Study on the Need of Digital Heritage Management Platforms

Jaime de Oliveira

DSI/EEUM - Departamento de Sistemas de Informação,
Escola de Engenharia e Centro ALGORITMI,
Universidade do Minho,
Guimarães, Portugal
Jaime-oliveira@outlook.com

Luís Amaral

DSI/EEUM - Departamento de Sistemas de Informação,
Escola de Engenharia e Centro ALGORITMI,
Universidade do Minho,
Guimarães, Portugal
amaral@dsi.uminho.pt

Luís Paulo Reis

DSI/EEUM - Departamento de Sistemas de Informação,
Escola de Engenharia e Centro ALGORITMI,
Universidade do Minho,
LIACC – Lab. Inteligência Artificial e Ciência de
Computadores,
Guimarães e Porto, Portugal
lpreis@dsi.uminho.pt

Brígida Mónica Faria

ESTSP/IPP - Escola Superior de Tecnologia da Saúde do
Porto, Instituto Politécnico do Porto, Gaia, Portugal
LIACC - Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência
de Computadores, Porto, Portugal
Porto, Portugal
btf@estsp.ipp.pt

Resumo — Este trabalho de investigação pretende abordar o conceito do Luto Digital no âmbito da Gestão de Herança Digital, apurando em que medida poderemos “Gerir a Herança Digital”, nomeadamente o conteúdo que criamos diariamente nas Redes Sociais e na Internet. O objetivo final consiste em compreender em que medida este tema é importante para os utilizadores e apresentar resultados que evidenciem itens necessários para conceber um sistema que seja aceite e utilizado na prática pelos utilizadores para este fim. Para aferir sobre a necessidade de Plataformas para a Gestão da Herança Digital (PGHDs) e qual o seu conteúdo desejável foi realizado um questionário sobre esta matéria. Da análise dos resultados obtidos neste questionário verifica-se que a maioria dos inquiridos não pensa no futuro da sua Herança Digital, não tendo conhecimento sobre as políticas dos serviços online que utilizam. Contudo prova-se que quanto mais elevada for a maturidade tecnológica dos indivíduos maior é a probabilidade de serem futuros utilizadores deste tipo de plataformas. Verifica-se também que a grande maioria dos utilizadores tecnologicamente desenvolvidos considera necessária a utilização de PGHDs no futuro.

Palavras Chave - Luto Digital, Gestão Herança Digital, Imortalidade na Internet, Plataformas de Gestão da Herança Digital.

Abstract — This research aims to initially address the Digital Mourning concept under the Digital Heritage Management, investigating to what extent we can "Managing the Digital Heritage", namely the content we create on a daily basis on social networks and the Internet. The ultimate goal is to understand to what extent this issue is important for users and present results showing that items needed to design a system that is accepted and

used in practice by users. To assess the need for platforms for the Digital Heritage Management (PGHDs) and what is the desirable content was conducted a questionnaire on the subject. Analyzing the results of this questionnaire it appears that most respondents did not think about the future of your Digital Heritage is not aware about the policies of online services they use. But the evidence is that the higher the technological maturity of most individuals is likely to be future users of this type of platforms. It also notes that the vast majority of users consider necessary technologically developed using PGHDs in the future.

Keywords - Digital Mourning, Digital Heritage Management, Immortality on the Internet, Digital Heritage Management Platforms.

I. INTRODUÇÃO

As TI (Tecnologias de Informação) são cada vez mais utilizadas, sendo partilhados, diariamente, milhões de dados digitais, nomeadamente dados pessoais no que diz respeito aos utilizadores das redes sociais. As “App’s”, os *Web Sites* e Redes Sociais ganharam importância no dia-a-dia de um utilizador regular da Internet, que já não vivem sem a partilha de dados (e.g. fotos ou vídeos), sem a consulta do seu *Timeline*, sem ler notícias. No entanto há um aspeto que por vezes escapa aos utilizadores do *Facebook* e de outras redes sociais, que diz respeito à gestão do seu perfil após a sua morte. Numa vertente mais de partilha de ficheiros, quem é que vai ficar com os documentos que estão em plataformas de Armazenamento em Nuvem (*Dropbox*, *Google Docs*, entre outros).

Sendo um tema cada vez mais atual, pela sua pertinência, visa a abordagem das repercussões que situações como acidentes (que resultam em estados de inconsciência que perduram, resultando por vezes em morte) podem ter ao nível da “vida social digital” dos utilizadores das redes sociais.

O artigo está organizado com uma secção que apresenta o conceito de Herança Digital, uma outra que aborda as plataformas para a Gestão da Herança Digital, seguido de uma secção que apresenta a investigação realizada e os resultados obtidos.

II. HERANÇA DIGITAL

Nos dias de hoje são utilizados imensos dispositivos eletrónicos para aceder a *Web*, desde Computadores Fixos, Portáteis, *Smartphones* e ainda *Tablets*. Muitos destes equipamentos vêm equipados com câmaras fotográficas, de vídeo, o que origina a criação de um grande volume de dados (Ativos Digitais). Muitos destes Ativos Digitais ficam armazenados nos próprios equipamentos, enquanto outros estão armazenamentos em *Cloud Storage* [1][2]

A. Ativos Digitais e Contas Online

Há ainda autores que utilizam o conceito de propriedade digital, para definir o conjunto de todos os Ativos Digitais [3].

Evan Carrol mais recentemente [4], dá a conhecer uma definição mais clara para Ativos Digitais e acrescenta uma definição para Contas Digitais:

- **Ativos Digitais** - Os Ativos Digitais" são todos os *emails*, documentos em formatos digitais, imagens, áudio, vídeo ou arquivos digitais semelhantes e também outros dentro deste género que possam vir a existir. Estão armazenados em dispositivos digitais, *desktops*, *laptops*, *tablets*, periféricos, dispositivos de armazenamento, telefones, telemóveis, *smartphones*, e qualquer outro dispositivo digital semelhante que atualmente exista ou possa vir a existir, independentemente da propriedade do dispositivo físico no qual o ativo digital é armazenado.
- **Contas Digitais** - As Contas Digitais são contas de e-mail, licenças de *software*, contas de Redes Sociais, contas de mídia social, contas de partilha de arquivos, contas de gestão financeira, contas de registo de domínio, contas de serviço de nome de domínio, contas de alojamento web, imposto contas de preparação de serviços, lojas online, programas de afiliados, e todo o tipo de outras contas *online* que atualmente existem ou possam existir, tendo em conta o fato da tecnologia se desenvolver rapidamente.



Figura 1 – Ingredientes da Herança Digital

B. Importância da Gestão da Herança Digital

O objetivo de preservar os dados para a eternidade divide opiniões. Há quem defenda que a Herança Digital deve ser passada para os herdeiros. Defendem, também, que o valor da informação digital é inegável e por isso o utilizador tem a responsabilidade sobre os mesmos, devendo discutir e pensar no assunto de forma a definir o futuro de cada constituinte da sua Herança Digital [5]. Uma questão lançada por Carroll & Romano [6] é “Será que os nossos dados sobrevivem sem nós?”. Eles afirmam que sim, mas que ficam sujeitos a: roubos de identidade, não chegar à família do falecido, ou então ficam a vagar pela internet.

Propriedade digital - Segundo Bellamy [7], os consumidores devem ter o conhecimento de que na maioria das vezes que compram um produto digital (ebook, músicas), estão apenas a alugar ou adquirir o direito de usar aquele produto e não o estão a comprar verdadeiramente. Os autores defendem que as empresas de venda de produtos digitais precisam consciencializar os consumidores para os direitos que eles têm pois, segundo eles, há muitos mal entendidos.

Segurança - A segurança é um dos aspetos cruciais quando falamos no acesso a dados e informações pessoais, como às contas de redes sociais, contas de correio eletrónico ou acesso a equipamentos eletrónicos. Nos dias que correm todos os dados que são transacionados na internet são sensíveis, por isso é importante que a transação entre cliente e servidor seja cifrada de modo a não estarem disponíveis a terceiros. Segundo a reformulação da lei no Diário de Republica, 1.ª série — N.º 167 — 29 de agosto de 2012, Artigo 3 Segurança de Processamento, alínea C “Medidas que assegurem a aplicação de uma política de segurança no tratamento dos dados pessoais”

Privacidade - Segundo [8], a dificuldade no acesso à Herança Digital pode, muitas vezes, colocar a reputação do falecido em causa e deixar a família numa situação financeira complicada. Já Bellamy e colegas [7] alertam para o fato de, não existindo procedimentos que prevejam a morte do utilizador, a privacidade do mesmo está em risco em caso de morte, por não se saber quais os seus desejos relativamente ao acesso à sua conta por terceiros.

Aspetos Legais em Portugal - Em Portugal não existem normas legais sobre o que acontece com a Herança Digital em caso de morte do utilizador. Segundo a DECO [9], o fato de a lei não especificar o que acontece ao conteúdo digital, entende-se que estes se aplicam as disposições do código civil, que determina a transmissão aos herdeiros.

Política de alguns serviços online – Morte do utilizador - Pela pesquisa realizada foi possível concluir que poucos serviços disponibilizam funcionalidades que permitam ao utilizador definir o que acontece com a sua conta/contéudo em caso de morte ou incapacidade. Como podemos constatar pela Figura 2, das presentes, apenas a Google e Facebook as disponibilizam.

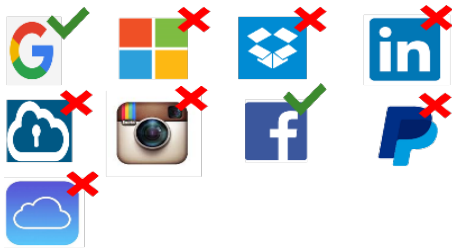


Figura 2 – Serviços web

III. PLATAFORMAS PARA A GESTÃO DA HERANÇA DIGITAL

As PGHD (Plataformas de Gestão da Herança Digital) são serviços de informação que funcionam sobre arquitetura SaaS. As funções core de uma PGHD são possibilitar armazenar informações ou dados referentes à Herança digital e permitir que o utilizador faça a sua gestão, que na maioria dos casos passa por planear o que acontece na pós-morte (p. ex. entregar aos herdeiros do utilizador).

Estes serviços fornecem orientação ao utilizador no sentido de compilar e organizar a Herança Digital. Os utilizadores recebem instruções passo-a-passo sobre como concluir e armazenar informações e como deixar instruções detalhadas sobre o que gostaria que fosse feito com a sua Herança Digital na pós-morte. Esses planos permitem que os utilizadores decidam quais as informações da conta online que podem ser partilhadas e com quem, ou então como se desfazer da Herança Digital.

Deste modo, os objetivos principais das PGHD são:

- Armazenar a Herança Digital;
- Gestão da Herança Digital (compilar, planear);
- Prevenção de perda de informação;
- Prevenção de roubo de identidade;
- Apoio no encerramento de contas online;
- Criação de memoriais online;
- Armazenamento de informações para que no futuro seja possível criar um Bot ou avatar do utilizador;
- Auxiliar no processo de luto.

A. Funcionalidades

Com a revisão da literatura e a análise das plataformas, foram criados quatro grupos heterogêneos de funcionalidades, cada qual com um objetivo final diferente. Na Figura 3 identificam-se os grupos, assim como os seus objetivos principais.

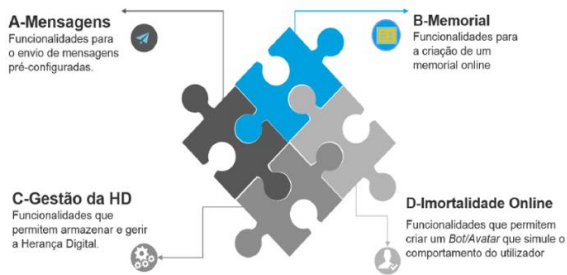


Figura 3 – Grupos de funcionalidades

B. Arquitetura de PGHD

As plataformas de Gestão da Herança Digital oferecem um software de gestão da Herança Digital como um serviço, ou seja, funciona sobre uma arquitetura SaaS (Software as a Service). O objetivo é que o utilizador apenas se preocupe com a gestão da Herança Digital deixando o restante processo a cargo da empresa que disponibiliza a plataforma ou serviço.

Como é possível observar pela Figura 4, o utilizador pode aceder à plataforma através de um browser num computador, smartphone e tablet. Há empresas que disponibilizam uma App o que dispensa a utilização de um browser.

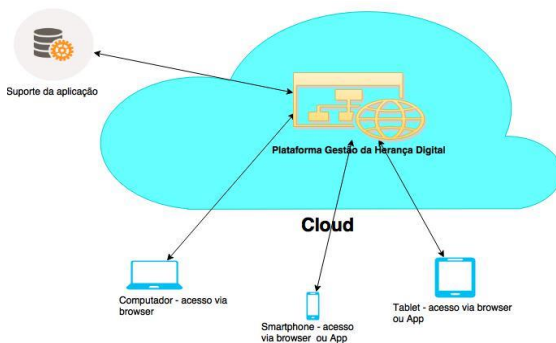


Figura 4 – Funcionamento padrão PGHD

C. Funcionamento padrão de PGHD

Através da análise das PGHD [10], é possível identificar um funcionamento padrão na maioria das plataformas. A Figura 5 apresenta um esboço dessa interação.

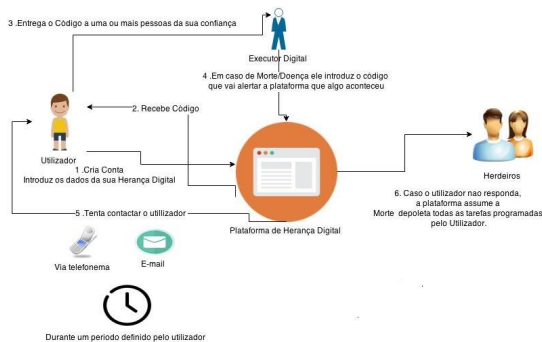


Figura 5 – Funcionamento padrão PGHD

Na Tabela I apresenta-se a explicação para cada uma das etapas do funcionamento das PGHD, o objetivo de cada etapa, o contexto em que está inserida e que ator associado a cada uma delas.

TABELA I - FUNCIONAMENTO DE UM PGHD

Etapa	Objetivo	Contexto	Ator
1	Criar conta; Inserir inventário da HD; Armazenar dados e informações	Criação da conta e formalização do perfil	Utilizador
2	Entregar código único	Gerar um código único. A utilização futura deste código é para informar o estado do utilizador. A plataforma só aceita a alteração do estado do utilizador aquando a sua inserção e validação.	PGHD
3	Definir um executor Digital; Entregar código único ao Executor Digital	Definir um executor digital e entregar-lhe o código único gerado pela PGHD	Utilizador
4	Informar aplicação da morte;	Esta funcionalidade é utilizada quando a situação do utilizador muda (entenda-se como “Morto” ou “Incapacitado”).	Executor Digital
5	Aplicação tentar entrar em contato com o utilizador durante o tempo programado.	Caso seja inserida a chave única a PGHD tenta obter uma resposta do utilizador (via e-mail ou chamada) de forma a verificar se realmente algo aconteceu.	PGHD
6	Caso o contato efetuado na etapa 5 não tenha sucesso a PGHD despoleta as ações previstas pelo utilizador	Caso a PGHD não obtenha nenhuma resposta do utilizador no tempo determinado é despoletado tudo que o utilizador definiu. Nota: A PGHD pode automaticamente despoletar uma serie de ações ou desbloquear um documento com desejos ao executor digital e então ele é que as realiza).	Herdeiros

D. Segurança e Políticas de Privacidade

Quando se acede a um serviço online que utiliza dados pessoais ou credenciais de acesso, é importante que toda a

informação transferida seja cifrada. Um dos modos disponíveis de cifrar informação é através da utilização do protocolo SSL. O SSL é um requisito obrigatório em websites que implementem autenticação ou introdução de dados sensíveis. Todas as plataformas analisadas implementam políticas de privacidade, estas políticas informam o utilizador sobre a:

- forma como a plataforma obtém os dados;
- forma como usam os dados;
- divulgação a que estão sujeito os dados;
- forma como são transferidos os dados;
- forma como são armazenados os dados.

IV. INVESTIGAÇÃO – ACEITABILIDADE DE PGHD

A. Metodologia de Investigação

Foi realizada uma investigação por questionário que tinha como objetivo averiguar a importância e conhecimento sobre PGHD e também prever a sua aceitabilidade.

B. Caracterização da amostra

Do questionário foi possível recolher uma amostra composta por 229 participantes, sendo que 113 participantes são do sexo masculino e 116 participantes do sexo feminino. A nacionalidade mais representada é a Portuguesa com 94,8% da amostra. A idade média é de 33 anos, sendo a idade mínima 15 e máxima 66. Em relação ao estado civil, 60% das pessoas são solteiras. Na variável descendentes diretos 66,8% da amostra não tem descendentes diretos. Quanto à formação, 84,3% da amostra possui formação superior e as áreas de formação mais predominantes são: Engenharias (41,9%), Ciências Sociais e Humanidades (30,6%) e Ciências da Saúde (24%)

C. Resultados

Os participantes foram solicitados a responder um conjunto de questões de forma a auferir a sua “Maturidade tecnológica” e recolher, em geral, a opinião/conhecimento que tem sobre em primeiro lugar a Herança Digital e em segunda as PGHD.

V. ANÁLISE DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

O inquérito utilizado apresentou-se como um bom instrumento para avaliar este tema, mais especificamente, as variáveis latentes, por demonstrarem valores aceitáveis de consistência interna/fiabilidade.

Tendo em consideração a média de idades da amostra, não é de estranhar a grande frequência de conhecimentos de utilização de computador por cerca de 60% e de tablets e smartphones por cerca de 40%. Quanto à frequência diária, salienta-se o uso de computadores, smartphones e tablets, sendo quase nula a frequência de utilização de wearables Figura 6.



Figura 6 – Utilização de dispositivos eletrônicos (variável várias utilizações por cada dia)

Quanto aos serviços e equipamentos, salienta-se uma frequência alta da utilização do browser e das ferramentas de produtividade e uma frequência baixa de jogos, jogos online e ferramentas de produtividade online. Quanto aos serviços pessoais, uma grande maioria da amostra utiliza o e-mail várias vezes ao dia mas as frequências são baixas no uso de website ou blog pessoal.

O uso das redes sociais (Figura 7) quase se reduz ao Facebook e ao Youtube com visitas várias vezes ao dia por mais de metade da amostra para o primeiro e menos de um quarto para o segundo.

O armazenamento na cloud é feito várias vezes ao dia na Dropbox por um terço da amostra e no GoogleDrive por menos de 20%, que mostra uma fraca adoção deste tipo de armazenamento.

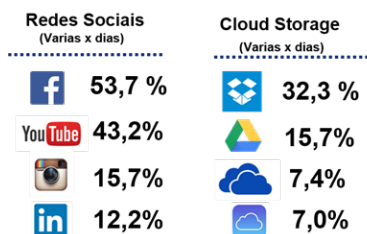


Figura 7 – Utilização de Serviços web

A falta de conhecimento por parte dos participantes sobre os termos de usos dos serviços que utilizam é generalizado, especialmente no que se refere à morte do titular. Esta falta de conhecimento talvez se deva a nunca terem tido conhecimento de experiências de outros no acesso a contas de familiares, como relatam mais de 80% dos participantes. Apenas um terço dos participantes referiu dificuldades no acesso à Herança Digital, mais especificamente na desativação de perfis de redes sociais.

Relativamente ao conhecimentos de aplicações e serviços mais específicas, verifica-se um grande desconhecimento acerca de aplicações de gestão da Herança Digital, com 80% dos participantes a revelarem que não têm conhecimento nenhum. Também perto de 80% assinalou desconhecer memoriais online.

Quanto à importância atribuída à Herança Digital (Figura 8), o acesso às credenciais de serviços de homebanking (Cred.

HomeBanking) e de cofre físico (Cred. Cofre) demonstram uma grande preocupação em deixar o acesso a bens monetários aos herdeiros.

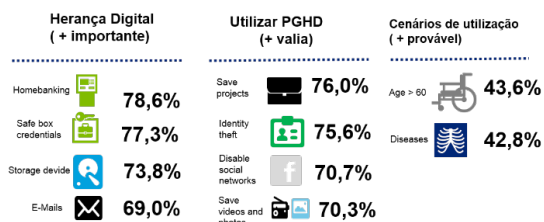


Figura 8 – Preocupação dos participantes

Consideraram uma mais-valia do uso duma PGHD prevenir o roubo de identidade, salvaguardar projetos, desativar perfis de redes sociais e salvaguardar planos financeiros. Quanto às funcionalidades mais apelativas, mais de dois terços da amostra salientaram a capacidade para encerrar e/ou solicitar conta de rede social, a possibilidade de criar inventário de Herança Digital e a capacidade para entregar as informações/dados a outra pessoa. A gestão do conteúdo da Herança Digital foi apelativa para aproximadamente 70%.

Algumas ideias das possibilidades que uma plataforma deste género poderia disponibilizar foram referidas pelos participantes. Por um lado, existem algumas ideias que apelam mais à continuação da pessoa falecida no dia-a-dia, tais como o memorial online ou a possibilidade de “fazer reviver”. O contrário também é verdadeiro, com referências à possibilidade em apagar toda a herança digital. Por outro lado, existem ideias mais interessantes e que se baseiam numa categorização da Herança Digital. Ou seja, na possibilidade de repartir os bens digitais a quem a eles tenha direito, quer seja um direito legal, quer seja um direito emocional.

Cerca de 60% nunca tinha pensado no que acontecerá aos seus bens digitais em caso de morte mas mais de dois terços referem que os serviços online deveriam obrigatoriamente disponibilizar funcionalidades para que os utilizadores pudessem tomar decisões em vida. São, também, mais de 60% os utilizadores que referiram sentir necessidade de plataformas de gestão da Herança Digital (Figura 9).



Figura 9 – Resultados do questionário - PGHD

As pessoas mais maduras tecnologicamente, dão maior importância em salvaguardar a Herança Digital e são aquelas que também consideram que deveria existir uma lei que obrigasse os serviços na web a disponibilizarem funcionalidades para determinar, em vida, o que o utilizador pretende fazer com os seus bens digitais no pós-morte. Quanto à probabilidade de virem a utilizar uma PGHD, são os inquiridos que mais utilizam serviços web os que referiram uma maior probabilidade. E as pessoas que mais utilizam as redes sociais são aquelas que mais necessidade sentem na utilização de PGHD.

As pessoas que sentem maior necessidade duma lei que obrigue os serviços a oferecer funcionalidades que ajudem a gerir os bens digitais no pós-morte são os que dão maior importância em salvaguardar a Herança Digital.

Perfil de um futuro utilizador: Os que referiram sentir necessidade de PGHD têm uma média de 34 anos, são portugueses, solteiros, sem descendentes diretos, e com formação superior nas áreas de Engenharia e Ciências Sociais e Humanas e Ciências da Saúde. São pessoas cuja necessidade em utilizar PGHD não parece ser causada por conhecimento de alguém que tenha tido dificuldades no acesso à HD de algum familiar mas o este questionário alertou-os para essa necessidade. Para estes, a disponibilização de funcionalidades para gerir os bens digitais, por parte de serviços online devia ser obrigatória. Estes inquiridos apresentaram valores elevados no uso de equipamentos, na importância e no uso de device service storage e na probabilidade de utilização de PGHD.

VI CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO

Concluiu-se que a Herança Digital é a soma de todos os Ativos Digitais e Contas Online que se encontram em formato eletrónico. Constatamos que é importante pensar no futuro da Herança Digital e que se nada for feito o utilizador corre o risco de deixar as suas informações “presas” na Internet, disponíveis para serem utilizadas sem o seu consentimentos ou ficarem retidas nos dispositivos eletrónicos sem que os seus familiares ou amigos lhes consigam aceder.

No que respeita às PGHD, elas são um dos instrumentos que se encontra ao dispor do utilizador, como já referido anteriormente, estas plataformas têm como objetivos ajudar o utilizador a criar um roadmap para a sua Herança Digital, pondo ao seu dispor uma série de funcionalidades que facilitam todo o processo. Foi ainda verificado, segundo os resultados obtidos pelo questionário, que a maioria dos inquiridos não pensa no futuro da sua Herança Digital, não tendo conhecimento sobre as políticas dos serviços online que

utilizam. Contudo prova-se que quanto mais elevada for a maturidade tecnológica maior é a probabilidade de serem futuros utilizadores de PGHD. Concluindo-se que a maioria dos utilizadores considera necessária a utilização de PGHD.

Relativamente ao trabalho futuro será interessante testar e analisar as PGHD disponíveis no mercado e identificadas no artigo anterior, tanto ao nível de segurança como usabilidade e funcionamento e outras. Será também interessante procurar desenvolver o tema de Imortalidade online através da criação de um bot/avatar/agente e qual o possível impacto nas famílias, questões éticas e legais. Será ainda interessante identificar que tipo de dados são válidos e que técnicas de Data Mining são as mais adequadas para criar um bot/avatar/agente que simule o comportamento nas redes sociais do utilizador falecido. Finalmente será interessante criar um protótipo totalmente funcional de gestão da herança digital com base nas conclusões retiradas desta investigação, testa-lo com utilizadores reais e analisar a reação desses utilizadores.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelos projetos estratégicos: Centro ALGORITMI (PEst-C/EEI/UI0319/2015) e LIACC (PEst-OE/EEI/UI0027/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Evan Carroll & John Romano, *Your Digital Afterlife: Facebook, Flickr and Twitter Are Your Estate, What's Your Legacy?*, New Riders, 2010.
- [2] J. P. Hopkins, “Afterlife in the Cloud : Managing a Digital Estate,” *Hastings Science and Technology Law Journal*, 2013.
- [3] Dr Craig Bellamy; Dr MiChael Arnold; Dr Martin Gibbs; Dr Bjorn Nansen; Dr Tamara Kohn, “Death and he Internet: Consumer issues for planning and managing digital legacies,” *Australian Communications Consumer Action Network*, 2013.
- [4] E. Carrol, “The Digital Beyond,” 20 Fev 2015. [Online]. Available: <http://www.thedigitalbeyond.com/2012/01/digital-assets-a-clearer-definition/>.
- [5] C. Maciel & V. Carvalho (2013). *Digital Legacy and Interaction: Post-Mortem Issues*. Springer Science & Business Media.
- [6] Evan Carroll & John Romano. (2010). *Your Digital Afterlife: Facebook, Flickr and Twitter Are Your Estate, What's Your Legacy?* New Riders.
- [7] Craig Bellamy; MiChael Arnold; Martin Gibbs; Bjorn Nansen; Tamara Kohn. (2013). *Death and he Internet: Consumer issues for planning and managing digital legacies*. Australian Communications Consumer Action Network.
- [8] J. B. Gaetner (18 de Junho de 2014). *Best Practices and Risk Management for the Digital Legacy Executor*. Canada. Obtido de Canadian IT Law Association: <http://www.it-can.ca/wp-content/uploads/roundtable-180614-gaetner.pdf>
- [9] DECO, PROTESTE 2015 (Janeiro 2016): <http://www.deco.proteste.pt/revistas/guiafiscal>.
- [10] J. Oliveira, L. P. Reis and L. Amaral, “Platforms for Digital Heritage Management” in Proc. CISTI 2015 – Iberian Conference on Information Systems and Technology, Aveiro, Portugal pp. 877 – 883, 2015

Modelação de Jogadores Profissionais de Poker utilizando Data-Mining

Professional Poker Players' Modeling using Data-Mining

Nuno Silva

EEUM/DSI - Escola de Engenharia da Universidade do
Minho e Centro ALGORITMI, Guimarães, Portugal
a58754@alumni.uminho.pt

Luís Paulo Reis

EEUM/DSI - Escola de Engenharia da Universidade do
Minho e Centro ALGORITMI, Guimarães, Portugal
LIACC – Lab. Inteligência Artificial e Ciência de
Computadores, Porto, Portugal
lpreis@dsi.uminho.pt

Resumo — O interesse pelo poker tem vindo a aumentar na comunidade científica, mais propriamente entre os investigadores que se encontram ligados à área da inteligência artificial. Isto acontece devido aos enormes desafios que o poker proporciona à investigação nesta área. Ao contrário de muitos outros jogos, o poker é um jogo estocástico e de informação imperfeita, o que cria uma elevada quantidade de possibilidades para cada estado do jogo. Este trabalho segue uma linha de investigação distinta da grande maioria dos trabalhos de investigação anteriores sobre este jogo procurando modelar a forma de jogar de um jogador profissional de Poker para todas as fases do jogo de poker *Texas Hold'em*. Desta forma foi necessário criar um modelo de dados de alto nível, sendo depois carregado com a informação recolhida de uma base de dados de jogos efetuados por jogadores profissionais de Poker através do Talend Data Integration. Para a execução de técnicas de *Data Mining* foi utilizado o pacote de software *Weka*. Em termos de resultados finais, foi possível observar que é possível criar um jogador virtual que tome decisões muito semelhantes às de um jogador real profissional de poker.

Palavras Chave - *Aprendizagem Computacional; Poker; Jogos; Mineração de Dados; Talend; Weka; CRISP-DM.*

Abstract — Poker has been gradually gaining the attention of the scientific community, mostly in researchers on Artificial Intelligence. The main reason is concerned with the fact that Poker provides great challenges to the research in the area. Unlike many other games, poker is a stochastic game of imperfect information, which creates a high amount of possibilities to every state of the game. In this work a different line of thought is followed by trying to create an agent capable of reproducing the way a professional Poker human player plays for all stages in a Texas Hold'em Poker game. For this purpose, a high level data model able to comprehend the maximum of information relevant to every state of the game was built, loaded with data from a database containing millions of plays made by a professional poker players, by using Talend Data Integration. To execute *Data mining* techniques *Weka* software package was used. The final results show that it is possible to create a virtual poker player that make very similar decisions of a professional poker player.

Keywords - *Machine Learning; Poker; Games; Data Mining; Talend; Weka; CRISP-DM.*

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo central, aplicar técnicas de *Data mining* à versão *Texas Hold'em No Limit* do jogo de cartas Poker no sentido de criar modelos de jogadores reais profissionais de Poker.

A investigação em torno do poker tem vindo a aumentar, sobretudo devido ao poker ser um jogo estocástico e não determinístico [1], [2] com regras simples, mas com milhares de possibilidades tornando-se assim bastante complexo para ser executado por um agente virtual. Ao longo dos anos, o objetivo da investigação científica no que toca à inteligência artificial, foi na sua maioria das vezes a criação de um agente virtual que fosse capaz de vencer os melhores jogadores humanos, como por exemplo em [3], [4]. No entanto, este trabalho segue uma abordagem um pouco diferente do habitual, sendo que o principal objetivo não é criar um agente virtual melhor que os jogadores reais, mas sim criar um modelo de jogo capaz de ser utilizado por um agente que emule com precisão o comportamento de um jogador humano.

Neste trabalho foi utilizado uma base de dados de jogos efetuados por um jogador profissional, sendo esta constituída por ficheiros de texto com informação relativa a mais de 200 mil mãos de jogos de poker do tipo *Texas Hold'em*. A informação proveniente desta base de dados foi carregada através de um processo de ETL (*Extract, Transform and Load*) para um modelo de dados de alto nível capaz de conter a informação necessária para a aplicação de técnicas de *Data mining*. Estas técnicas de *Data mining* foram aplicadas através do *software Weka*. Por fim foram efetuados algumas comparações entre as várias estatísticas recolhidas de forma a tentar selecionar o melhor algoritmo de *Data mining*. Este processo foi realizado para todas as fases de um jogo de poker do tipo *Texas Hold'em*.

Este artigo encontram-se dividido em cinco secção distintas sendo que a primeira secção é composta por esta introdução. Na secção II pode-se encontrar algum trabalho relacionado com o trabalho realizado neste artigo. Na secção III encontra-se o trabalho prático desenvolvido, estando este subdividido em

várias secções seguindo o modelo de processos *CRISP-DM*. Na secção IV podem observar-se os resultados obtidos e uma análise crítica dos mesmos. A secção V apresenta as conclusões sobre todo o trabalho realizado assim como trabalho possível de ser realizado num futuro próximo.

II. TRABALHO RELACIONADO

A. Agentes Virtuais

Com o aumento do interesse da comunidade científica no poker, principalmente no que toca à investigação na área de inteligência artificial, foram desenvolvidos vários agentes virtuais recorrendo a várias técnicas. Exemplo disso é o *Poki* [3] onde foi utilizada, com sucesso, a técnica de modelação do adversário. Outro exemplo *AKI-REALBOT* onde foi utilizado o algoritmo de *Monte-Carlo* [5] de forma a explorar a estratégia do adversário. Outras técnicas utilizadas foram por exemplo a criação de agentes baseados em aprendizagem por reforço [6].

O sucesso destes agentes virtuais tem vindo a aumentar, mas infelizmente tem sido bastante difícil desenvolver um agente virtual capaz de se bater de igual para igual contra os melhores jogadores de poker. Mesmo assim foi possível alcançar alguns sucessos como por exemplo em [4] onde um agente virtual conseguiu efetivamente acumular lucros em vários jogos. As técnicas de *Data mining* também têm sido utilizadas de diversas formas como por exemplo para facilitar a identificação das estratégias dos oponentes [7], ou até mesmo para a construção de um agente virtual [8].

B. Data mining no Poker

No que concerne à utilização de *Data mining* no Poker, podemos encontrar alguns exemplos do seu uso para a identificação da estratégia dos oponentes [7], ou para a construção de agentes virtuais [8], [9].

Nestes últimos casos vemos que são diversas as técnicas de *Data mining* utilizadas, assim como o objetivo das mesmas. *Billings* [10] demonstra a importância da modelação do adversário para atingir melhores resultados, pois a estratégia e a sua flexibilidade assim como o conhecimento da forma de jogar do adversário são muito importantes no que toca à construção de agentes virtuais. Neste caso verifica-se a utilização de *clusters* de forma a agrupar os jogadores em vários tipos conforme as suas ações [7].

Para a construção de agentes observa-se a utilização de outros algoritmos como as árvores de [8] ou então a utilização de algoritmos genéticos de forma a ganhar o máximo de fichas possíveis ao adversário [9]. O objetivo nestas duas abordagens passa pela criação de um agente virtual vencedor, enquanto o objetivo deste trabalho passa pela criação de um agente capaz de igualar a forma de jogar de um determinado jogador, porém as técnicas a serem utilizadas podem ser semelhantes. Por sua vez, em [11] pode-se observar a utilização de *data mining* num contexto de complexidade inferior devido à utilização de apenas da fase de *pre-flop*.

C. Data mining para Modelação de Utilizador

A modelação de utilizadores (*user modeling*) teve o seu princípio com a necessidade de obter uma melhor interação no binómio humano-computador [12]. Quando se fala na interação

de uma pessoa com uma máquina é necessário que a mesma responda corretamente na altura exata, para que a interação possa ocorrer da melhor forma. Com o passar dos anos, a utilização da modelação de utilizadores foi-se diversificando, passando a ser utilizada pelos grandes supermercados com os cartões de clientes, pelas lojas *online* através das suas sugestões e web sites que visitamos [12].

A proliferação das redes sociais, assim como o aumento da utilização das mesmas pelas pessoas, levou a que estas disponibilizassem (muitas vezes sem consciência disso) uma elevada quantidade de informação pessoal. Com isso, têm sido feitos esforços para utilizar essa informação disponível para a criação de perfis dos utilizadores [13]. Esses perfis são depois utilizados para uma personalização das plataformas (*web sites*, aplicações *web*) melhorando assim o serviço prestado e a experiência do utilizador.

III. TRABALHO DESENVOLVIDO

O modelo de processo de *Data mining* escolhido para este trabalho foi o *CRISP-DM*. Desta forma o trabalho desenvolvido seguiu todas as fases do modelo (com exceção da fase de implementação) que podemos ver na Fig. 1.



Figura 1. Ciclo do modelo de processos *CRISP-DM*, adaptado de [14]

De seguida iremos demonstrar o trabalho efetuado em cada uma das fases que constituem o modelo de processos.

A. Compreensão do Negócio

Neste trabalho estamos a falar não de um negócio mas sim de um jogo, nomeadamente Poker na sua versão “*Texas Hold'em No Limit*”, por isso neste caso estamos perante um âmbito muito bem delimitado e definido através das regras do jogo. De forma a compreendermos melhor o jogo em si, a retirar os objetivos e a perceber que dados serão necessários para atingir esses mesmo objetivos, vamos dar uma explicação em síntese do que é um jogo de poker na vertente “*Texas Hold'em No Limit*”.

Como se pode observar pela Fig. 2 pode-se afirmar que esta vertente do poker se divide em 10 etapas, sendo que 4 delas são de apostas, onde os jogadores tendo em conta as suas cartas e as cartas que se encontram na mesa (cartas comunitárias) apostam o seu dinheiro ou as suas fichas. Esta vertente (“*No Limit*”) distingue-se das outras por não haver um limite máximo de unidades monetárias ou fichas a serem apostadas, sendo que um jogador é livre de apostar todas as suas fichas ou

unidades monetárias logo na primeira ronda, ou em qualquer outra ronda de apostas. De realçar que o jogador não tem qualquer interferência na primeira etapa do jogo (*Small Blind e Big Blind*), pois o valor de cada uma destas apostas já se encontra definido, e a cada jogo, a *Big Blind* e a *Small Blind* desloca-se pela mesa no sentido dos ponteiros do relógio.

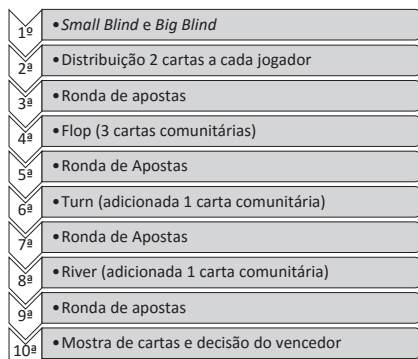


Figura 2. Ciclo completo de um jogo de Poker Hold'em

O poker é um jogo bastante complexo, isto devido às inúmeras variáveis a ter em conta para se possuir uma estratégia vencedora. Além da grande variedade de mãos de jogo que se pode possuir, é também necessário ter em conta outros fatores, como a parte psicológica dos nossos adversários, a nossa posição na mesa, a quantidade de fichas ou unidades monetárias que possuímos, as cartas comunitárias que vão sendo postas na mesa [15].

B. Compreensão dos Dados

Como já foi referido, os dados foram obtidos através de jogadores profissionais que disponibilizaram amostras contendo milhares de jogos efetuados, tanto com dinheiro virtual, como com dinheiro real. Esses dados encontram-se em ficheiros de texto e na sua maioria sem qualquer estrutura visível e onde não se pode aplicar técnicas de *Data mining*. Como podemos observar pela Fig. 3, o jogador de nome “DonksAreUs” encontra-se no quarto lugar de uma mesa de seis jogadores (1), foi o jogador que efetuou a Big Blind (2), as suas cartas foram “Tc – Jc” – “Dez e Valete de paus” – (3), sendo que efetuou “Call” (4) na sua jogada.

Game # 1847836134 - Texas Hold'em No Limit EUR 0.10/0.20 - Table "Klinterham"

```

Players (max 6):
fedele88 (EUR 0.00 in seat 1)
AJL_5 (EUR 34.81 in seat 2)
RogRedFace (EUR 20.00 in seat 3)
DonksAreUs (EUR 22.08 in seat 4) 1)
PaulDuse1 (EUR 34.67 in seat 5)
fensink (EUR 21.75 in seat 6)

Dealer: AJL_5
Small Blind: RogRedFace (0.10)
Big Blind: DonksAreUs (0.20) 2)

DonksAreUs was dealt: Tc - Jc 3)

PaulDuse1 Fold
fensink Fold
AJL_5 Raise (0.45)
RogRedFace Fold
DonksAreUs Call 4) (0.25)
    
```

Figura 3. Amostra da etapa de pré-flop de um log de um jogo de poker

Na Fig. 4 observamos as restantes fases constituintes de um jogo de poker, onde é possível visualizar informação referente às decisões tomadas pelos jogadores na fase do *Flop* (ponto 5), *Turn* (ponto 6), *River* (ponto 7) e por fim informação sobre o término do jogo e sobre o vencedor (ponto 8 e 9).

```

Flop Ac - 5c - 7h 5)
DonksAreUs Check
AJL_5 Check

Turn Ac - 5c - 7h - Ad 6)
DonksAreUs Check
AJL_5 Check

River Ac - 5c - 7h - Ad - 4d 7)
DonksAreUs Check
AJL_5 Check

DonksAreUs shows: Tc - Jc (a pair of Aces) 8)
AJL_5 shows: 2d - Kd (a pair of Aces, with King as kicker)

AJL_5 wins: EUR 0.95 (with a pair of Aces, with King as Kicker) 9)
Raise: EUR 0.05

Game ended 2010-09-06 00:26:32 BST
    
```

Figura 4. Amostra de um log de um jogo de poker (restantes etapas)

Nesta fase, o ideal seria ter um conhecimento mais aprofundado dos dados, isto é ter uma perceção da quantidade de mãos de jogo, do número de mãos iguais, número de “*Call*’s”, “*Check*’s”, “*Raise*’s”, “*Fold*’s” e “*All in*’s” existentes, mas infelizmente da forma como os dados se encontram é impossível conhecer essa informação. Assim sendo, será após o ETL que teremos acesso a tal informação.

C. Preparação dos Dados

Após a compreensão dos dados e a seleção da informação que queremos retirar, chega a altura de estruturar os dados. Para isso foi escolhida uma ferramenta de ETL bastante completa, o *Talend Data Integration*. Esta é uma ferramenta gratuita que nos permite criar um processo onde os dados podem ser lidos de uma enorme variedade de fontes (onde se inclui os ficheiros de texto) e que no decorrer desse processo podem sofrer inúmeras transformações para no fim serem escritos numa outra forma, normalmente com uma estrutura. Uma das grandes vantagens do *Talend Data Integration* é não nos limitar à ferramenta em si pois é possível escrever código java na maior parte dos componentes que temos à disposição.

O processo de ETL foi dividido em duas partes, sendo que na primeira parte (Fig. 5) pode-se destacar a utilização de uma biblioteca externa que permite, por exemplo, obter um ranking relativo ao valor das cartas. Além da utilização desta biblioteca há a destacar o elemento *JavaRow*, onde foram escritas mais de 3000 linhas de código java para tratamento dos ficheiros de log.

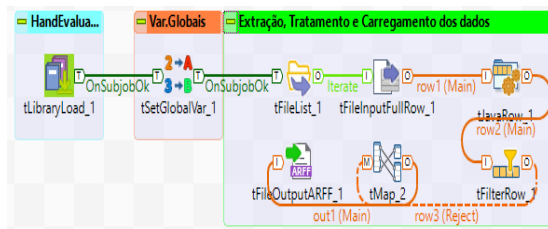


Figura 5. Primeira parte do processo ETL

Na segunda fase do processo ETL (Fig. 6), foram criados 4 data sets correspondendo cada um, a uma fase do jogo do poker. Cada data set apenas contém informação relativa aos jogos que atingiram essa mesma fase.

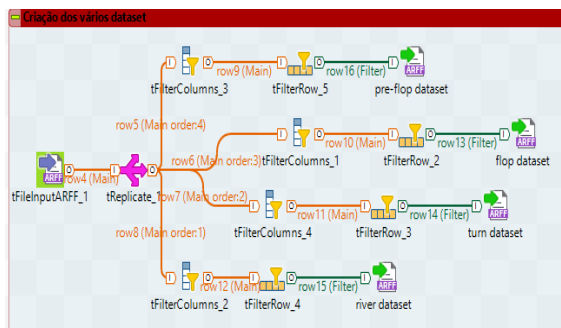


Figura 6. Segunda parte do processo ETL

Como podemos ver pela Fig. 7, o número de jogos tem um decréscimo elevado da primeira para a segunda fase. Existe também um decréscimo para as seguintes fases, mas bastante menor, apesar de ainda assim ser relevante, cerca de 40%.



Figura 7. Número de Jogos Fase de Jogo

D. Modelação

Tendo em conta o tipo de previsão a efetuar que consiste na jogada que seria efetuada pelo jogador, estamos assim a falar de um problema de classificação. Para a resolução desse tipo de problemas, temos vários tipos de algoritmos, desde os mais simples, como regras de classificação, aos mais complexos como as redes neurais.

Desta forma a execução dos algoritmos de *data mining* testados foi realizada através da aplicação *Weka*, sendo que foi utilizada *cross validation* em todas as execuções.

Foram utilizados vários algoritmos verificando-se que em alguns casos não foi possível obter resultados, muito provavelmente devido à fraca capacidade de processamento da máquina utilizada, e à imensa quantidade de dados que se dispunha.

Foi ainda efetuado uma comparação estatística entre os resultados dos algoritmos utilizando 3 métricas – Percentagem de instâncias corretamente classificada; *Kappa Statistic* e *Roc Area*.

IV. RESULTADOS OBTIDOS

Nesta secção serão descritos os resultados que foram atingidos em cada uma das fases do jogo de poker através da utilização de algoritmos de *data mining* sobre o modelo de dados.

A. Pre-flop

Todos os algoritmos apresentam resultados acima dos 85% de instâncias corretamente classificadas, assim como uma *Roc Area* superior a 0.9. O J48 obteve a melhor classificação de instâncias corretamente classificadas com 89.5% assim como o melhor *Kappa Statistic* com 0.704. Por sua vez na *Roc Area*, o algoritmo com melhor resultado foi o *Naive Bayes* com 0.953 (TABELA I). Os restantes algoritmos testados apresentaram resultados bastante semelhantes entre eles, sendo que o *IBK* apresenta os segundos melhores resultados nos dois primeiros critérios.

TABELA I. ESTATÍSTICAS DE PRE-FLOP

	Corretamente Classificadas	Kappa Statistic	Roc Area
Naive Bayes	86.08%	0.635	0.953
J48	89.50%	0.704	0.949
Decision Table	87.80%	0.6715	0.943
IBK	88.07%	0.6827	0.938
Attribute Selected Classifier	87.69%	0.6321	0.938
RBF Network	87.15%	0.6532	0.932

Em relação à matriz de confusão é possível verificar que o *Naive Bayes* consegue os melhores resultados quando a jogada efetuada é *Call* ou *All-In*, sendo que por sua vez o J48 consegue melhores resultados quando a jogada é *Fold* ou *Check* (TABELA II). Quando a jogada efetuada é *Raise*, o algoritmo com melhores resultados é o *IBK* com 21103 instâncias corretamente classificadas.

TABELA II. MATRIZ DE CONFUSÃO DE PRE-FLOP

Algoritmos	Classificados como ---->	Call	Raise	Fold	Check	All-In
Naive Bayes	Call	6637	3162	1398	351	205
	Raise	4386	19040	4770	29	242
	Fold	4761	4533	157688	2275	37
	Check	504	105	3525	3969	1
	All-In	20	7	2	0	151
J48	Call	4100	3393	3998	240	22
	Raise	1720	20674	6022	49	2
	Fold	990	2850	163812	1625	17
	Check	257	43	1534	6270	0
	All-In	63	26	15	0	76

B. Flop

Olhando para os resultados da TABELA III, verifica-se que o algoritmo com melhor comportamento é o *Decision Table* em todos os aspetos, seguido pelo *RBF Network* a alguma distância. Verifica-se também a existência de alguns algoritmos a classificar menos de 50% das instâncias corretamente, algo que não se verificava na fase anterior. Pensa-se que tal facto seja motivado pelo número bastante inferior de jogos que foram utilizados nesta fase. Apesar disso a *Roc Area* do algoritmo *Decision Table* possui um valor muito significativo.

TABELA III. ESTATÍSTICAS DE FLOP

	Corretamente Classificadas	Kappa Statistic	Roc Area
Naive Bayes	45.28%	0.2532	0.717
Decision Table	64.76%	0.4948	0.859
Hyper Pipes	35.92%	0.0565	0.563
IBK	50.03%	0.2969	0.697
Ada Boost M1	40.69%	0.154	0.597
RBF Network	52.40%	0.3407	0.733

Na matriz de confusão, TABELA IV, pode-se verificar que o algoritmo *Decision Table* comporta-se a um nível assinalável quando a jogada se trata de um *Check* ou *Call*. Isto porque obtém um resultado bastante pobre quando a mesma é um *All-In*, sendo que neste caso é o algoritmo *Naive Bayes* o que obtém o melhor resultado. Vendo os resultados obtidos, e quando se trata de um *Raise*, verifica-se que nenhum algoritmo conseguiu bons resultados, sendo o melhor o *Naive Bayes*. Esta carência de bons resultados deve-se muito provavelmente às poucas instâncias existentes em que a jogada é deste tipo. No que toca à jogada *Fold* é o *RBF Network* que se destaca dos demais com 4961 instâncias corretamente classificadas.

TABELA IV. MATRIZ DE CONFUSÃO DE FLOP

Algoritmos	Classificados como ----->	Call	Raise	Fold	Check	All-In
Naive Bayes	Call	4508	84	1570	1302	2132
	Raise	133	4	57	30	54
	Fold	2218	29	3539	2218	618
	Check	2309	14	2165	5656	1030
	All-In	1396	9	308	407	1257
Decision Table	Call	6285	9	2246	947	109
	Raise	160	0	98	19	1
	Fold	3312	2	3826	1456	26
	Check	0	0	0	11171	0
	All-In	2552	0	587	118	120

C. Turn

Mais uma vez existem dois algoritmos que se destacam dos demais. O *Naive Bayes* que obtém a melhor pontuação no que se refere ao *Kappa Statistic* e o *Decision Table* que obtém melhores resultados nas instâncias corretamente classificadas e na *Roc Area*, como se pode observar na TABELA V. De salientar o resultado do *Ada Boost M1* que apresenta 41.58% de instâncias corretamente classificadas. No entanto apresenta um valor de *Kappa Statistic* igual a zero, demonstrando assim que apesar do bom resultado no primeiro ponto, não existe qualquer relação entre os atributos e a classe (jogada).

TABELA V. ESTATÍSTICAS DE TURN

	Corretamente Classificadas	Kappa Statistic	Roc Area
Naive Bayes	38.53%	0.1426	0.628
Decision Table	44.11%	0.1038	0.638
Hyper Pipes	39.67%	0.0401	0.551
IBK	38.42%	0.0829	0.56
Ada Boost M1	41.58%	0	0.526
RBF Network	39.58%	0.1335	0.577

Observando as matrizes de confusão na TABELA VI, verifica-se que o *Naive Bayes* obtém os melhores resultados em quase todos os outros tipos de jogada (*Raise*, *Fold* e *All-In*), com a exceção do *Check* onde é o *Decision Table* que obtém o melhor resultado, mas também à custa de um elevado número de falsos positivos. No que concerne ao tipo de jogada *Call* o melhor resultado é obtido pelo algoritmo *Ada Boost* mas o mesmo ocorre devido a um elevado número de falsos positivos (cerca de 18000) contra apenas cerca de 9000 verdadeiros positivos.

TABELA VI. MATRIZ DE CONFUSÃO DE TURN

Algoritmos	Classificados como ----->	Call	Raise	Fold	Check	All-In
Naive Bayes	Call	2186	89	968	1200	727
	Raise	82	10	18	28	20
	Fold	918	19	1993	1524	199
	Check	2095	52	2506	2987	505
	All-In	521	18	242	311	371
Decision Table	Call	1802	1	147	3174	46
	Raise	103	0	2	51	2
	Fold	357	1	193	4101	1
	Check	1241	1	263	6625	15
	All-In	646	2	28	767	20

D. River

Por fim, na última etapa de jogo, é possível analisar pela TABELA VII que mais uma vez é o *Naive Bayes* e o *Decision Table* que obtêm os melhores resultados. Ao contrário do que sucedeu na fase anterior, nesta fase foi possível atingir valores superiores a 50% no que diz respeito a instâncias corretamente classificadas. Acontecendo também um pequeno incremento do valor de *Kappa Statistic*, apesar deste continuar ainda num patamar muito baixo.

TABELA VII. ESTATÍSTICAS DE RIVER

	Corretamente Classificadas	Kappa Statistic	Roc Area
Naive Bayes	42.85%	0.1748	0.656
Decision Table	52.11%	0.1591	0.661
Hyper Pipes	45.13%	0.0575	0.557
IBK	43.11%	0.0941	0.596
Ada Boost M1	48.63%	0.1466	0.573
RBF Network	44.58%	0.1611	0.598

Através das matrizes de confusão presentes na TABELA VIII, depreende-se que o *Naive Bayes* consegue o maior número de verdadeiros positivos em quase todos os tipos de jogada, com a exceção do *Check* que é conseguido pelo *Decision Table*, verificando-se também um elevado número de falsos positivos.

TABELA VIII. MATRIZ DE CONFUSÃO DE RIVER

Algoritmos	Classificados como ----->	Call	Raise	Fold	Check	All-In
		Naive Bayes	Call	1540	16	523	658	397
	Raise	29	0	10	8	5
	Fold	568	8	1001	1019	127
	Check	1331	11	1687	2675	251
	All-In	303	1	84	102	106
Decision Table	Call	1218	1	18	1876	21
	Raise	38	0	0	13	1
	Fold	208	0	16	2499	0
	Check	640	0	33	5273	9
	All-In	315	0	3	307	1

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Analisando a evolução das métricas ao longo das quatro fases do poker, pode-se verificar que as mesmas sofrem de um decréscimo ao longo do jogo, tal como visto no caso de estudo anterior. Neste caso nota-se um decréscimo mais acentuado na percentagem de instâncias corretamente classificadas devido ao aumento de hipóteses a serem previstas (Fig. 8). Uma vez mais, o aumento desta métrica na última fase de jogo, deve-se aos resultados de um algoritmo com um elevado número de falsos positivos no tipo de jogada *Check* (TABELA VIII).

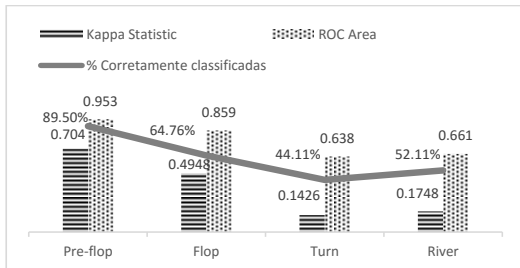


Figura 8. Evolução das Métricas

A *Roc Area* e o *Kappa Statistic* apresentam valores razoáveis nas duas primeiras partes do jogo, sendo que nas duas últimas existe um decréscimo significativo, atingindo valores bastante baixos. Este decréscimo das duas métricas pode estar relacionado com um decréscimo no número de jogadas existentes para análise (Fig. 7) e por um elevado número de amostras em que o tipo de jogada é *Check* (Fig. 9).

Numa fase posterior da investigação deve ser efetuada uma análise aprofundada de uma arquitetura de *software* e *hardware* capaz de suportar o processamento de um elevado número de dados. Deverá também ser revisto o modelo de dados e também a utilização de algoritmos que não foram utilizados, como o SVM.

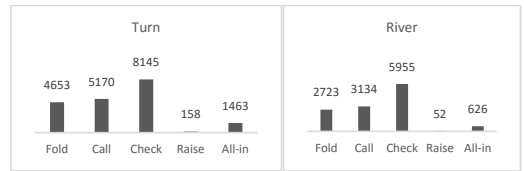


Figura 9. Dispersão do valor do atributo “Jogada” na fase de jogo *Turn* e *River*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelos projetos estratégicos Centro ALGORITMI (PEst-C/EEI/UI0319/2015) e LIACC (PEst-OE/EEI/UI0027/2015).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. Rubin and I. Watson, “Computer poker: A review,” *Artif. Intell.*, vol. 175, no. 5–6, pp. 958–987, Apr. 2011.
- [2] L. F. Teófilo, R. Rossetti, L. P. Reis, H. L. Cardoso, and P. A. Nogueira, *Simulation and performance assessment of Poker Agents*, vol. 7838. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [3] D. Billings, A. Davidson, J. Schaeffer, and D. Szafron, “The challenge of poker,” *Artif. Intell.*, vol. 134, no. 1–2, pp. 201–240, Jan. 2002.
- [4] L. F. Teófilo, L. P. Reis, and H. L. Cardoso, “A Profitable Online No-Limit Poker Playing Agent,” in 2014 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT), 2014, pp. 286–293.
- [5] I. Schweizer, K. Panitzek, S. H. Park, and J. Fürnkranz, “An exploitative Monte-Carlo poker agent,” in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2009, vol. 5803 LNAI, pp. 65–72.
- [6] L. F. Teófilo, N. Passos, L. P. Reis, and H. L. Cardoso, “Adapting Strategies to Opponent Models in Incomplete Information Games: A Reinforcement Learning Approach for Poker,” in *Autonomous and Intelligent Systems*, Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 220–227.
- [7] L. F. Teófilo and L. P. Reis, “Identifying Player’s Strategies in No Limit Texas Hold ’ em Poker through the Analysis of Individual Moves,” in *EPIA’2011*, 2011, pp. 978–989.
- [8] L. F. Teófilo and L. P. Reis, “Building a Poker Playing Agent based on Game Logs using Supervised Learning,” *Lect. Notes Comput. Sci.* Vol. 6752, pp. 73–82, 2011.
- [9] B. Beattie and G. Nicolai, “Pattern classification in no-limit poker: A head-start evolutionary approach,” *Adv. Artif. ...*, 2007.
- [10] D. Billings, D. Papp, J. Schaeffer, and D. Szafron, “Opponent Modeling in Poker,” in *Opponent Modeling in Poker*, 1998.
- [11] N. Silva and L. P. Reis, “Poker learner: Players modeling through data-mining,” in 2015 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2015, pp. 1–6.
- [12] G. Fischer, “User modeling in Human-Computer Interaction,” *User Model. User-adapt. Interact.*, pp. 1–18, 2001.
- [13] F. Abel, I. Celik, C. Hauff, L. Hollink, and G.-J. Houben, “U-Sem: Semantic Enrichment, User modeling and Mining of Usage Data on the Social Web,” pp. 10–13, 2011.
- [14] M. Patel, “Analyzing the word Analytics in an ever-increasing Analytical world,” 2012. [Online]. Available: <http://www.function1.com/2012/03/analyzing-the-word-analytics-in-an-ever-increasing-analytical-world>.
- [15] B. D. Sklansky and M. Malmuth, *Hold ’ em Poker For Advanced Players*, 3a ed. Two Plus Two Pub, 1999

Avaliação de usabilidade de uma plataforma de entretenimento por pessoas com deficiência intelectual

Usability evaluation of an entertainment platform by people with intellectual disabilities

Tânia Rocha^{a,b}, José Martins^{a,b}, Ramiro Gonçalves^{a,b}, Frederico Branco^{a,b}

^aUniversity of Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

^bINESC TEC e UTAD, Vila Real, Portugal

trocha@utad.pt, jmartins@utad.pt, ramiro@utad.pt, fbranco@utad.pt

Resumo — Neste artigo é apresentada uma avaliação de usabilidade de uma conhecida plataforma de entretenimento: o *Youtube*. O principal objetivo consiste em estudar como pessoas com deficiência intelectual interagem com o *layout* e usam as opções de pesquisa disponíveis. Pretendemos com isto observar e analisar o desempenho, a satisfação e também verificar se a interface permite autonomia por parte dos seus utilizadores aquando da ação de pesquisa. Os resultados obtidos demonstram que os participantes, de forma geral, obtiveram experiências positivas com a plataforma, não conseguindo, ainda assim, disfrutar de autonomia, aquando da utilização das funcionalidades de pesquisa.

Palavras Chave – avaliação de usabilidade; *Youtube*; dispositivo de eye tracking; deficiência intelectual.

Abstract — In this paper it is presented a usability evaluation of an entertainment platform, well-known, YouTube. The main aim is to study how people with intellectual disabilities interact with the layout and uses their search field option. We intended to observe and analyze performance and satisfaction but also if the interface can give them autonomy on the search option. The results show that participants had a good experience with the interface, however cannot be autonomy with the search option.

Keywords - Usability evaluation, YouTube, eye tracking device, intellectual disability.

I. INTRODUÇÃO

Sabendo que as pessoas com deficiência intelectual não só apresentam grande motivação em interagir com os ambientes digitais [1], como também revelam grande interesse em interagir com imagens visto que estas as ajudam na concretização de tarefas *online* com sucesso [2], pretende-se estudar como este público interage com uma plataforma de conteúdos audiovisuais (portanto de máximo interesse para estes). Ambiciona-se também verificar como é efetuado o acesso aos conteúdos disponíveis na medida em que estes assentam numa metáfora de interação de difícil interpretação por este público-alvo: a inserção de palavras-chave o que, por implicar as capacidades de leitura e escrita, representa tarefas

condicionadoras, devido às características cognitivas do público-alvo em questão [3].

Neste quadro, apresenta-se um estudo de caso que tem como objetivo não só avaliar a interação e usabilidade da interface do *Youtube*, centradas no desempenho dos utilizadores, em termos de eficácia (sucesso ou insucesso na realização de pesquisas), eficiência (tempos médios para a concretização de tarefas, número de erros e dificuldades observadas) e satisfação (gosto e vontade de repetir a tarefa), mas também autonomia (tempo que despendem na interação de forma autónoma com objetivos de pesquisa próprios).

A motivação deste projeto nasceu, no aliciante desafio provocado pela falta de dados científicos de como tornar acessível o conteúdo Web para pessoas com deficiência intelectual, verificando-se esta ser uma área pouco desenvolvida e de difícil standardização, devido sobretudo às diferentes patologias encontradas na designação de deficiência intelectual. Outra fonte de estímulo é a valorização do ensino das tecnologias a outros grupos, não só para registar as condições e/ou a forma como o fazem, mas para terem a oportunidade de realmente fazerem parte de algo que lhes vem sendo negado, abrindo o leque da acessibilidade e usabilidade digitais e lutando para um “mundo digital” realmente inclusivo.

Para que os utilizadores da Internet que apresentam uma qualquer limitação ou deficiência possam ultrapassar os obstáculos inerentes à navegação, nas várias páginas Web disponíveis, é expectável que estas mesmas páginas se apresentem desenvolvidas de acordo com as normas internacionais de acessibilidade e usabilidade. Ainda assim, conforme mostram os estudos apresentados por vários autores [4], a grande maioria dos sítios Web disponíveis ao público não cumprem os requisitos mínimos de acessibilidade nem de usabilidade.

Ainda que possam parecer, à partida, díspares, os conceitos de acessibilidade e usabilidade estão fortemente relacionados. É possível considerar a acessibilidade (associada ao mundo das TIC) como uma ferramenta que permite simplificar a forma como um conjunto de funcionalidades pode ser utilizado e

como, por consequência, a produtividade resultante da experiência do utilizador também é incrementada [5]. A usabilidade é a medida pela qual um produto ou ambiente pode ser usado por um determinado grupo de utilizadores para alcançar objetivos específicos com nível eficácia, eficiência e satisfação de um produto ou ambiente por um determinado grupo de utilizadores [6]. Através desta interiorização, seria permitido aos utilizadores finais efetuarem aprendizagens mais simples e rápidas sobre como utilizar um produto/serviço e consequentemente cometerem menos erros [7].

II. CARACTERIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Nesta investigação participaram 20 pessoas (8 mulheres e 12 homens), com idades compreendidas entre os 22 e os 44 anos. Estes participantes foram selecionados por uma professora de ensino especial e uma psicóloga, de acordo com o nível de literacia, variando entre o jardim-de-infância e o ensino primário (1º e 2º ano), mais especificamente, 15 no jardim-de-infância e 5 entre o 1º e o 2º ano. Cinco indivíduos sabem ler e escrever, doze sabem escrever apenas o nome e três não sabem ler nem escrever. Assinale-se que todos os participantes cooperam num Centro de Atividades Ocupacionais (CAO).

Quanto à experiência com os computadores, 12 participantes utilizavam 1 a 2 vezes os computadores, durante a semana e 8 não utilizavam. A prática da Internet era quase nula, apenas 3 indivíduos utilizavam a internet para ouvir música, especificamente na plataforma *Youtube*.

Em relação às patologias apresentadas no grupo e em conformidade com o manual de diagnóstico e estatística dos transtornos mentais (DSM – V), são definidas de acordo com o grau de severidade, que se estabelece entre limite/ligeiro a moderado [8]. Os mesmos não foram divididos, quanto às patologias apresentadas, visto que grande parte dos participantes não estão diagnosticados.

Em relação à visão, 12 pessoas têm visão normal, 7 visão normal a corrigida e 1 apresenta uma deficiência visual (estrabismo). Nenhum dos participantes apresenta qualquer tipo de deficiência motora ou problemas de motricidade fina (sem problemas no manuseamento do lápis/marcador, rato).

Todos os participantes são voluntários e tinham autorização dos seus responsáveis/tutores para participarem no estudo. No entanto, havendo sinal de algum mal-estar ou frustração a atividade era imediatamente suspensa.

III. ESTUDO DE CASO

Neste estudo de caso, analisou-se a forma de interação e usabilidade da plataforma *Youtube*. Os participantes interagiam, numa situação real de pesquisa, usando o usual campo de pesquisa, por meio de palavras-chave, com o objetivo de analisar o nível de desempenho e autonomia destes utilizadores.

A. Metodologia

No projeto realizado, o estudo de caso [9] e a etnografia [10] estão aliados com a avaliação de usabilidade (através de testes de utilizador) [11]. Os métodos de recolha de dados utilizados estão diretamente relacionados com a abordagem metodológica adotada e que inclui: livros de registos, análise

de documentos, entrevistas, observação direta, testes com utilizadores, registos de eficiência, eficácia e satisfação.

B. Design experimental

Optou-se por escolher a plataforma *Youtube* principalmente pelos resultados do retorno da pesquisa, ou seja, os vídeos, considerados anteriormente de grande interesse para o grupo alvo do estudo [3]. Considerou-se desta forma importante a avaliação de uma plataforma que fornecesse conteúdo interessante, interativo e que fosse compreensível para o público-alvo em questão.

Numa fase inicial, realizou-se um período de treino para que os utilizadores experimentassem a interface em estudo. Esta fase durou quatro semanas, aproximadamente 35 horas no total, hora e meia por indivíduo.

Nesta fase de treino, os utilizadores tinham que efetuar quatro tarefas de pesquisas:

- Tarefa 1 (T1): os utilizadores, depois de escolher o seu cantor preferido, iniciam a pesquisa.
- Tarefa 2 (T2): os utilizadores, depois de escolher a sua série de televisão preferida, iniciam a pesquisa.
- Tarefa 3 (T3): os utilizadores, depois de escolher o seu clube de futebol preferido, iniciam a pesquisa.
- Tarefa 4 (T4): os utilizadores, depois de escolher o seu jogo preferido iniciam a pesquisa.

Seguidamente, apresentam-se exemplos de ecrineração, visualizando-se os ecrãs para a realização com sucesso das quatro tarefas de treino, definidas anteriormente. Na figura 1, mostra-se o primeiro passo para a realização das tarefas.



Figura 1: Primeiro passo para a realização das tarefas. Imagem retiradas do *Youtube*.

Na figura 2, exemplificam-se os passos para a realização da tarefa 1 (pesquisa de cantor preferido) (figura 2):



Figura 2: Passos para a realização da tarefa 1 (pesquisa de cantor preferido). Imagens retiradas do *Youtube*.

Para a tarefa 2, apresenta-se o exemplo seguinte para a categoria filmes (figura 3):



Figura 3: Passos para a realização da tarefa 2 (pesquisa de série de televisão preferida). Imagens retiradas do Youtube.

Para a tarefa 3, verifique-se o exemplo da figura 4:



Figura 4: Passos para a realização da tarefa 3 (pesquisa do clube favorito). Imagens retiradas do Youtube.

Finalmente, apresenta-se o exemplo gráfico da interação para a tarefa 4 (figura 5):



Figura 5: Passos para a realização da tarefa 4 (pesquisa do jogo favorito). Imagens retiradas do Youtube.

No que diz respeito aos critérios de avaliação, utilizaram-se as variáveis definidas como as associadas ao processo de avaliação de usabilidade (eficácia, eficiência e satisfação), como forma de verificar a experiência dos utilizadores e o seu desempenho. Para a eficácia, foram registados quantos utilizadores terminaram as tarefas com sucesso e sem desistir. No parâmetro eficiência, consideraram-se os recursos utilizados para atingir a eficácia: tempo de realização da tarefa, erros de interação cometidos durante a experiência (especificamente: clicar em links não relacionados com as tarefas, clicar repetidamente numa determinada área – fundo ou áreas coloridas – e confusões com botões do rato), e outras dificuldades observadas durante a experiência, tais como a baixa precisão a clicar em pequenas áreas, a fraca compreensão das tarefas e a fraca interação com dispositivos sensíveis ao toque. Para registar a satisfação dos utilizadores, verificámos se os participantes se mostravam confortáveis, aquando da realização das tarefas, se aceitavam a realização das mesmas ou se pediam para repetir algumas das tarefas.

C. Apparatus

Os recursos materiais usados neste estudo de caso foram: um computador (Asus X552C), teclado (formato QWERTY), rato ótico (Logitech M100), um monitor NEC com 54.6cm (21.5" polegadas), também papel e a caneta com o intuito de auxiliar os utilizadores na replicação da palavra-chave a pesquisar.

O dispositivo de *eye tracking* foi utilizado, pois compõe-se por um conjunto de tecnologias que nos permite gerir e obter o registo da forma como o indivíduo olha para uma determinada imagem/cena/ interface com o objetivo de efetuar a leitura da posição e do movimento dos olhos. Com a utilização deste dispositivo, pretende-se verificar para ONDE está o utilizador a olhar em tempo real e qual a zona focada [12]. Este processo resulta da gravação da cena em questão, onde o utilizador foca a sua atenção, é tido em conta DURANTE quanto tempo o utilizador foca determinada cena e a ORDEM pela qual a segue.

D. Procedimento

Neste contexto, o utilizador sentou-se, em frente ao computador e dispositivo de *eye tracking* a uma distância não superior a 1,5 metros. Todo o ambiente do estudo de caso é controlado. Assim, o participante iniciava as tarefas com o *browser Chrome* e o *Youtube* já abertos. Em seguida, perguntava-se o que viam e o que era mais chamativo nesse ecrã. Depois explicava-se o que era pretendido com a tarefa. Os participantes escolhiam o conteúdo preferido, seguindo o tema das tarefas previamente escolhido. A seguir, o avaliador/observador escrevia a palavra-chave, numa folha, e o utilizador replicava os caracteres no teclado. Continuamente, o utilizador tinha que clicar, no ícone da lupa, para iniciar a pesquisa. Finalmente, a tarefa terminava, depois de clicar num vídeo que correspondesse à opção escolhida como preferida no início do teste. O teste é dado como não concluído com sucesso se o utilizador clica num vídeo que não corresponde ao escolhido como preferido inicialmente.

Todo o conjunto de tarefas foram sendo realizadas de forma aleatória.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta secção, apresentam-se as opções mais escolhidas e em seguida os resultados obtidos para as dimensões eficácia, eficiência e satisfação.

As opções mais escolhidas na tarefa 1 (pesquisa do cantor preferida) foram: Tony Carreira (10), Emanuel (1), Ricardo Nascimento (1), José Malhoa (1); Quim Barreiros (1); Rihanna (1), Mickael Carreira (1), Lady GaGa (1), Hino do Benfica (1), José Cid (1) e um utilizador escolheu especificamente uma música ("Mãe Querida").

Na tarefa 2 (pesquisa da série preferida), os utilizadores tiveram dificuldade na compreensão do conteúdo série, assim deixamos escolher quaisquer conteúdos televisivos que preferissem, por isso obtiveram-se resultados de pesquisa de três formatos diferentes: telenovelas, séries e filmes de

animação. As opções escolhidas foram: as telenovelas, como: a Avenida Brasil (2), Louco Amor (2), *Dancin' Days* (1), Páginas da Vida (1), Anjo Meu (1); as séries: Inspector Max (6) Morangos com Açúcar (3), *Dance* (1); e filmes de animação: como o *Shrek* (3).

Quanto à tarefa 3 (pesquisa do clube favorito), a maioria dos utilizadores quiseram ver vídeos relacionados com futebol, clubes específicos ou então golos do Cristiano Ronaldo, mais especificamente: S. L. Benfica (6), F. C. Porto (6), Cristiano Ronaldo (5), Seleção Portuguesa de Futebol (1), Sporting C.P. (1). De sublinhar que um participante preferiu visualizar um vídeo sobre uma equipa de ténis de mesa (1).

Na tarefa 4 (pesquisar jogo preferido), a maioria dos utilizadores quiseram ver vídeos de jogos de cartas concretamente: Solitário (7), Super Mario (5), *Puzzle Bobble* (3), *Racing Car 3* (2), *Sudoku* (1) e *Sonic* (2).

Sublinha-se que nesta tarefa, a visualização de vídeos da categoria geral, jogos, foi difícil, pois muitos conteúdos apresentados estavam em outras línguas, que não o português. Para colmatar esta dificuldade, na caixa de pesquisa, antes do nome do jogo a pesquisar, teríamos de inserir a própria palavra “jogos” para conseguirmos uma pesquisa válida.

Relativamente à avaliação de usabilidade foram obtidos os seguintes resultados:

Globalmente, o sucesso na concretização das quatro tarefas e a satisfação é de 100%. Nenhum participante desistiu e todos mostraram vontade de continuar a atividade depois de terminadas as quatro tarefas.

Quanto à eficiência, apresentam-se, em primeiro lugar, os tempos médios obtidos nas quatro tarefas, apresentados no gráfico seguinte (Figura 5):

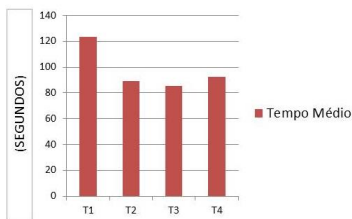


Figura 6: Gráfico dos tempos médios por tarefa.

Relativamente ao tempo total médio da atividade, verifica-se que:

Para a tarefa T1 (cantor preferido) obteve-se um tempo total médio de 123,45 segundos, sendo que o id16 teve o desempenho mais lento com 335 segundos e o id12 o mais rápido com 12 segundos.

Já na tarefa T2 (série preferida), o tempo total médio foi de 89,05 segundos onde se registou o tempo mais lento de 321 segundos pelo id16 e o mais rápido de 14 segundos pelo id15.

Na tarefa T3 (clube favorito), alcançou-se um tempo total médio de 85,45 segundos. Aqui, o id13 apresentou o

desempenho mais lento de 313 segundos e o id15, o mais rápido, de 20 segundos.

Na última tarefa (jogo preferido), o tempo total foi de 92,55 segundos, em que o id13 apresenta o desempenho mais lento de 357 segundos, contrariamente, o id14 apresenta o tempo mais rápido de 22 segundos.

Em relação ao número total de erros obtidos nas quatro tarefas, este foi de 47, sendo que os erros cometidos dizem respeito: à replicação e escrita dos caracteres; a alguns problemas de manuseamento de rato, como: confusões relativamente aos botões e da função de cada um; também foram observados problemas no manuseamento do teclado como: confusão com as teclas, trocam uma tecla por outra (para apagar utilizam o “Enter”) e também de “tecla presa” quando o utilizador clica continuamente numa tecla. Foram também observados problemas com os botões de manipulação de vídeo e/ou ícones do *Youtube*, pois os tamanhos reduzidos dos mesmos implicavam precisão no clique e a própria representação/composição tornava-os confusos e pouco identificativos da função.

Outros resultados obtidos são específicos às dificuldades sentidas pelos utilizadores na realização da tarefa:

Registam-se algumas dificuldades, no manuseamento do rato: pelos utilizadores identificados com id 1, id 4, id 6 (que ultrapassam esta dificuldade na terceira tarefa), o sujeito com id 7 (que melhora a partir da segunda tarefa), o participante com id 8, 13 e 16 (que ultrapassa dificuldade com o decorrer da tarefa 2). Esta dificuldade era mais sentida quando os utilizadores tinham de clicar, em ícones de dimensões reduzidas, como é o caso dos botões de manipulação de vídeo (play, pause, stop e botões de encerramentos de publicidade).

Outra dificuldade, várias vezes observada, registou-se no manuseamento do teclado: os participantes 1, 3 e 5 melhoraram com o decorrer da tarefa 1, o participante 7 melhorou a partir da segunda tarefa, o participante 9 com o decorrer da tarefa 3 e os utilizadores 13, 16, 19 e 20 (melhoraram a partir da quarta tarefa).

Ainda outra dificuldade observada foi no reconhecimento, escrita e replicação de caracteres no campo de pesquisa. Os utilizadores com id 5, id 6, id 10, id 11 melhoraram o desempenho com o decorrer da tarefa 2), id 15, id 18 não conseguiram ultrapassar esta dificuldade sem ajuda.

Apenas um utilizador apresentou dificuldades em pronunciar as palavras e na compreensão da tarefa (sujeito com id 1). No entanto, verificou-se que este ultrapassou esta dificuldade na terceira tarefa.

Relativamente aos resultados do dispositivo de *eye tracking* verificou-se um aspeto importante na interação. Todos os utilizadores ignoraram o menu de navegação lateral representado por ícones. Parece que o tamanho de dimensões reduzidas ajuda o menu a passar despercebido. Mesmo os que já utilizavam esta plataforma não reconheceram esta forma de pesquisar. Verificando-se esta indiferença, chamou-se a atenção para esta opção de navegação. No entanto, os utilizadores continuaram a ignorá-la e a dirigiram-se

prontamente para o campo de pesquisa, para iniciar a pesquisa por palavra-chave.

Observou-se também com os resultados deste dispositivo que os utilizadores reconhecem rapidamente o campo de pesquisa e sabem que tem de executar alguma ação naquele espaço, para iniciar a busca. O maior problema registado é que grande parte deste público, inclusivamente este grupo em específico, apresenta baixos níveis de literacia, comprometendo a capacidade de escrita e leitura, necessitando assim de auxílio na pesquisa. Por este motivo prevê-se que nunca serão completamente autónomos, na função de pesquisa com inserção de palavra-chave.

Finalizando esta análise, deixam-se algumas anotações sobre os problemas na interação com a interface gráfica apresentada, pretendendo-se com isto registar barreiras no acesso ao *Youtube*.

O menu de navegação lateral representado por ícones (apesar de ignorado pelos utilizadores na primeira tarefa) desaparece depois de ser utilizada esta tarefa. Assim, numa segunda tarefa efetuada o utilizador não pode utilizar esta função. Para que seja possível voltar a visualizar este menu de navegação é necessário fechar a página e voltar a abrir. No caso de um utilizador registado, acontece a mesma coisa, o menu volta a desaparecer; o utilizador tem de sair da sua conta para poder visualizar o menu.

Outro problema encontrado é que a apresentação de resultados é feita sem ter em atenção a língua do utilizador. Para este público-alvo específico é problemático, pois os utilizadores sentiram-se confusos, não sabendo se concluíram a tarefa com sucesso. Este problema é mais predominante na tarefa 2 (pesquisa de séries preferidas).

Também o conteúdo sonoro dos vídeos não está uniformizado por nenhum parâmetro, isto faz com que o utilizador esteja sempre a mexer no volume do som, levando a outro grave problema da necessidade da precisão do clique do rato já que o botão é de tamanho reduzido e é necessário clicar e arrastar para aumentar o volume.

Os botões de manipulação de vídeo apresentam o mesmo problema, têm uma dimensão considerada pequena para o bom funcionamento/manuseamento para este grupo de pessoas.

Observou-se também que a publicidade subjacente aos vídeos impõe cansaço e frustração.

A maior parte dos utilizadores não utilizou o *scroll*, nem do rato, nem do *browser*, não sendo assim a grande parte dos vídeos apresentados na página visualizados, não representando assim uma solução ideal para mostrar mais conteúdo.

V. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Em conclusão, depois de efetuada a avaliação de usabilidade, do *Youtube*, analisando o desempenho, a satisfação e os problemas encontrados na interação, aquando da ação de pesquisa, verifica-se que a plataforma não permite uma interação autónoma por pessoas com deficiência intelectual. Apesar de não existirem desistências, a necessidade de pesquisar um conteúdo específico, a partir do campo de pesquisa inserindo palavras-chave não é uma opção eficaz

para este grupo devido às características da própria deficiência, i.e., as dificuldades nas habilidades de leitura e escrita. Observou-se que depois da primeira interação, os utilizadores preferem navegar, clicando de conteúdo em conteúdo, do que voltar ao campo de pesquisa. Também se verificou que ignoram completamente o menu de navegação lateral representado por ícones.

Relativamente, aos problemas na interação com a interface gráfica, estes dificultam a interação, parecendo mesmo que ajudam a confundir os utilizadores levando-os à frustração para a conclusão da tarefa, como por exemplo: a apresentação de resultados feita sem ter em atenção a língua do utilizador e a publicidade subjacente à apresentação dos vídeos. Também o facto do conteúdo sonoro dos vídeos não estar uniformizado por nenhum parâmetro, dificulta na concentração da tarefa, levando a que o utilizador esteja sempre a tentar resolver a situação e não concentrado na conclusão da tarefa. Este último problema ajuda ainda a revelar questões de precisão para clicar em ícones de dimensões reduzidas.

No entanto, verificou-se a vontade e satisfação do grupo em interagir em ambientes digitais, especialmente aqueles que proporcionam conteúdos de fácil interpretação (vídeos).

Como trabalho futuro, pretende-se estudar outras plataformas de entretenimento e comparar resultados como também aumentar o número de participantes, envolvendo outros grupos como as crianças e os idosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Rocha, T., Rocha T., "Accessibility and usability on the internet for people with intellectual disabilities". Master degree. University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal. 2008.
- [2] Rocha, T., Bessa, M., Gonçalves, M., Cabral, L., Godinho, F., Peres, E., Reis, M., Magalhães, L., Chalmers, A., "The recognition of web pages' hyperlinks by people with intellectual disabilities: an evaluation study, Journal of Applied Research in Intellectual Disabilities, 2012, vol. 25, no 6, pp. 542 - 552. DOI: 10.1111/j.1468-3148.2012.00700.x
- [3] Rocha T., "Interaction metaphor for access to digital information an autonomous form for people with intellectual disabilities. Ph. D Thesis. University of Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, 2014.
- [4] Gonçalves, R., Martins, J., & Branco, F. (2014). A Review on the Portuguese Enterprises Web Accessibility Levels—A Website Accessibility High Level Improvement Proposal. *Procedia Computer Science*, 27, 176-185.
- [5] Amstel F., "What is usability?"; "Afinal, o que é usabilidade?"; 2005, http://usabilidoido.com.br/afinal_o_que_e_usabilidade.html
- [6] ISO-International Organization for Standardization, "ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs). Part 11 - Guidelines for specifying and measuring usability", Geneva, 1997.
- [7] Rocha, T., Carvalho, D., Bessa, M., Reis, S., Magalhães, L., Usability evaluation of navigation tasks by people with intellectual disabilities: a Google and Sapo comparative study regarding different interaction modalities, Universal Access in the Information Society, in press.
- [8] APA-American Psychological Association, "DSM-V- The diagnostic and statistical manual of mental disorders", 5th ed, 2013, <http://www.dsm5.org/Pages/Default.aspx>
- [9] Yin, R. K., "Case study research – design and methods". Applied Social Research Methods Series, Sage Publication, 2003, vol. 3, no 5.
- [10] Knoblauch, H., "Focused ethnography", In Forum: Qualitative Social Research, 2005, vol. 6, no. 3.
- [11] ISO – Internacional Organization for Standardization, Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) –

Part 11: Guidance on Usability – ISO 9241-11, 1998,
http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=16883

[12] [11] Jacob, R.J.K., “Eye tracking in advanced interface design”, In: b. W.B.a.T.A. Furness (Ed.) Virtual Environments and Advanced Interface Design, Oxford University Press, New York, 1995.

Proposta de uma Arquitetura de Sistemas de Informação Multidimensional para o Suporte à Gestão no Ensino Superior Português

Caso de Estudo da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

A Multidimensional Information System Architecture Proposal for Management Support in Portuguese Higher Education

The University of Tras-os-Montes and Alto Douro Case Study

José Bessa^a, Frederico Branco^{a,b}, António Costa^a, José Martins^{a,b}, Ramiro Gonçalves^{a,b}

^a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

^b INESC TEC e UTAD, Vila Real, Portugal

jmiguelbessa16@gmail.com, fbranco@utad.pt, acosta@utad.pt, jmartins@utad.pt, ramiro@utad.pt

Resumo — A sociedade dos nossos dias é caracterizada pelo crescimento abundante de Dados e Informação no seio das organizações, muito devido à extrapolação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) utilizadas para suportar as suas atividades diárias. A crescente complexidade dos SI, tornou necessário o aparecimento de Arquiteturas de Sistemas de Informação (ASI) para a sua gestão e manutenção. A equipa de investigação, avocou pertinência na sua aplicabilidade no seio das instituições do Ensino Superior Português (ESP), tendo sido utilizado como caso de estudo a Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD). Com a construção da ASI proposta, a UTAD ficou dotada de uma visão transversal dos seus SI, permitindo a validação da existência/necessidade de SI voltados para a Gestão da Informação e tomada de decisão sob uma perspetiva multidimensional, isto é, orientada aos diversos níveis organizacionais, desde o nível Operacional até ao nível Estratégico. Dado o nível de abstração obtido com a ASI criada, esta pode ainda ser aplicada às demais instituições do ESP, uma vez que partilham um contexto semelhante ao da UTAD.

Palavras Chave – SI, ASI, ASI Multidimensional, Ensino Superior Português, Caso de Estudo.

Abstract — Today's society is characterized by an abundant growth of data and information within the organizations, largely due to the extrapolation of Information and Communication Technologies (ICT) used to support their daily activities. The growing complexity of IS, has required the appearance of Information Systems Architectures (ISA) for their management and maintenance. The research team has identified relevance in its applicability within the Portuguese Higher Education Institutions (PHE), and a case study with the University of Tras-os-Montes and Alto Douro (UTAD) was drawn. Through the development and implementation of an ISA proposal, UTAD was provided with a transversal view of all the existing IS, allowing validation of the existence/need for IS aimed at managing

information and decision-making under a multidimensional perspective, that is, oriented at different organizational levels, from the operational to the strategic level. Given the proposed ISA degree of abstraction, it can be applied to the other institutions within PHE, since they share similar contexts than the one inherent to UTAD.

Keywords – IS, ISA, Multidimensional ISA, Portuguese Higher Education, Case Study.

I. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, a sociedade moderna é muitas vezes caracterizada por um ambiente dinâmico e complexo, fruto da instabilidade, competitividade e mudança constante da conjuntura socioeconómica, o que torna a gestão de uma organização uma tarefa bastante complexa. Neste contexto, a Informação, o Conhecimento e Inteligência, passíveis de serem obtidos através dos Sistemas de Informação (SI) organizacionais, provocam a necessidade de estabelecer e avaliar o âmbito e funções dos seus SI, permitindo às organizações tomarem decisões coerentes e atempadas sobre os seus domínios de atuação, aspirando atingir vantagens competitivas nos mercados em que se inserem [1].

Atendendo ao advento das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) em que as organizações se encontram e dada a importância e disseminação dos SI para viabilização das atividades destes organismos, surge a Arquitetura de Sistemas de Informação (ASI), que se apresenta como uma forma de contribuição para o desenvolvimento, implementação e manutenção dos SI, uma vez que acompanha todo o processo de evolução dos mesmos, fornecendo uma visão abrangente, tendo em conta as diferentes perspetivas de atuação, visão e missão organizacional, os próprios SI, a

componente tecnológica que os suporta e os seus utilizadores [2].

O cenário anteriormente descrito também é transversal às instituições de Ensino Superior Português (ESP) e, assim sendo, no âmbito do presente trabalho, procurou-se desenvolver uma ASI multidimensional de uma instituição do ESP, que envolva os diferentes níveis organizacionais da mesma e seja concordante com as estratégias definidas. Como caso de estudo, foi decidido ter como base a realidade da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD), uma vez que é aquela com que os autores se deparam diariamente, reunindo condições para obtenção de um conjunto mais detalhado de informações, que permita almejar uma arquitetura de sistemas de informação o mais genérica possível, transversal e de referência para todas as instituições do Ensino Superior Português.

O presente artigo é composto por cinco secções: sendo na secção 1 apresentado o enquadramento do artigo, seguindo-se na secção 2 a abordagem conceptual dos temas que dão suporte ao trabalho desenvolvido. Na secção 3 é descrito o caso de estudo e na secção 4 é apresentada à ASI proposta. O artigo remata com as considerações finais extraídas do trabalho apresentado e as perspetivas de trabalho futuro.

II. ABORDAGEM CONCEPTUAL

A. Dos Desafios da Gestão da Informação aos Sistemas de Informação e suas Arquiteturas

Ao longo das últimas décadas temos assistido à proliferação de TI nas organizações para o suporte ao desenvolvimento das suas atividades, o que teve como consequência o crescimento contínuo do volume de dados, resultante das práticas organizacionais. Recentemente, ao crescimento exponencial do volume de dados no seio das organizações, tem sido associado ao conceito de *Big Data*. Este conceito está associado à capacidade de uma organização gerir, armazenar e analisar os dados, tendo em conta fatores como velocidade de processamento, volume armazenado, variedade na sua representação, veracidade e valor, para que estes possam ser utilizados em proveito da organização [3].

O investimento em TI e a simples acumulação de dados, por si só, não são garante de obtenção de vantagens competitivas, uma vez que os dados representam um nível muito baixo de abstração, sendo meras representações de eventos ou transações que ocorrem no seio organizacional ou no meio em que se inserem. Estes dados, para que possam ser úteis é necessário atribuir-lhes um significado e associá-los a um contexto, para que possam alcançar um nível superior de abstração, nomeadamente o de Informação, caracterizado pelo tratamento, combinação/organização dos dados, possibilitando a conclusão sobre determinado facto [4].

Por outro lado, a Informação para que tenha valor necessita de ser aplicada num intervalo de tempo ou em tempo real, entregue a quem saiba retirar ilações dela, com vista a gerar Conhecimento organizacional [5]. A criação, aquisição e difusão de Conhecimento é um processo coletivo em que é obtido pela soma dos Conhecimentos das partes envolvidas no processo, estando condicionado pela necessidade de existir uma estrutura organizacional equilibrada que por um lado disponibilize os mecanismos necessários para converter o Conhecimento individual em Organizacional, e ao mesmo

tempo possibilite a inovação e mudança através do aumento de interdependência entre áreas funcionais de uma organização [6].

O Conhecimento e Inteligência organizacional estão sobejamente reconhecidos como impulsionadores do desenvolvimento organizacional, pela sociedade e pelas próprias organizações, contudo o grande volume de dados, implica que para além da utilização de TIC, sejam utilizados SI para a agilização e eficiência dos processos de gestão da Informação [7][8].

Os SI assumem-se como peças fundamentais para o sucesso das atividades das organizações, uma vez que, para além de sustentarem as suas atividades, ainda permitem fazer uma gestão mais adequada destes organismos, auxiliando os processos de tomada de decisão. Neste sentido, perfila-se uma classe dos SI denominada por *Decision Support Systems (DSS)*, orientada preferencialmente aos níveis tático e estratégico de uma organização, com características analíticas que permitem a criação de Conhecimento e Inteligência Organizacional, sendo altamente dotados de dinâmica, flexibilidade e interatividade, de modo a se adaptarem às diferentes pessoas e contextos a que se aplicam [9].

Os *DSS* ajudam na tomada de decisão porque, recorrendo a TI conseguem manipular e transformar os *inputs* (dados) em *outputs* orientados para a gestão, sobretudo sob a forma de sumários ou *reports*, orientados à gestão global, mas mais importante à definição de estratégias de atuação. Os resultados apresentados nestes documentos, podem ser de ordem textual ou gráfica (através de *dashboards*), e são obtidos através da aplicação de modelos analíticos, qualitativos e quantitativos de gestão, com a possibilidade de simulação de cenários, tendo em conta as metas organizacionais previamente estabelecidas [10].

Apesar da utilização de *DSS* auxiliar os processos de tomada de decisão, mas mesmo assim acarretam um grau de complexidade, sendo necessário ver todo o SI da organização com maior abrangência, surgindo nesse sentido as arquiteturas de *Business Intelligence (BI)* [11]. Uma arquitetura tradicional de *BI* assume na sua estrutura *input* de dados internos (provenientes de sistemas operacionais) ou externos; módulo de extração, transformação e carregamento de dados sob uma estrutura uniforme (*ETL*); fontes de armazenamento de dados (*e.g. bases de dados flat, datawarehouse, data marts*); ferramentas analíticas para tratamento de dados (*OLAP e Data Mining*) e componente de representação visual de dados utilizando técnicas de *Data Visualization (DV)* [12].

O grande volume de dados proveniente destas arquiteturas, pode dificultar o processo de análise e compreensão por parte daqueles que têm de tomar decisões, o que levou à criação de técnicas de *DV*, que permitem através de uma forma gráfica apresentar os dados através de *dashboards*. Esta abordagem torna-se pertinente, tendo em conta que os seres humanos conseguem mais facilmente tirar ilações e identificar padrões num contexto visual do que num contexto textual [13].

Assistindo à importância dos SI/TIC, é extremamente importante que sejam geridos da melhor forma possível. Neste âmbito, surgiu o conceito de ASI, que herdando as propriedades do termo Arquitetura, é aplicada no contexto dos SI, com o intuito de incluir um conjunto de modelos e conceitos (incluindo os previamente descritos nesta secção) e, não deve ser vista como a solução para a gestão desta

problemática, mas sim como uma forma de representar as diferentes perspectivas sobre os dados, redes, pessoas, SI, TIC, efetivando o processamento de transações, produção de informação e suporte das atividades da organização, assumindo sempre as diversas visões dos níveis organizacionais [14].

As ASI constituem-se como um meio eficaz de fazer o mapeamento de todos os SI/TIC da organização, bem como as suas comunicações, controlar o investimento em TIC e definir prioridades no desenvolvimento de SI, estipular mecanismos de integração entre sistemas, melhorar o desenvolvimento dos próprios SI, estipular a execução de atividades, interrelacionar dados fornecendo com clareza a ligação entre os níveis organizacionais e as funções que exercem nos SI e conferir credibilidade e fiabilidade na Informação obtida através dos SI da organização [15].

Com a utilização crescente deste tipo de arquiteturas, e dada a falta de consenso sobre os conceitos e terminologias associados, o *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, redigiram a norma P1471, para a identificação, análise e comparação de abordagens mais utilizadas, materializando-se como metamodelo e boas práticas para a construção de uma ASI [16].

B. Sistemas de Informação como Factor Preponderante na Gestão Eficaz no Ensino Superior Português

Uma das áreas mais importantes da sociedade dos nossos dias é o Ensino, área essa onde podemos encontrar as instituições do ESP cuja missão passa pela formação de pessoas que irão desempenhar tarefas nas mais diversas áreas da sociedade, mas também assumem a responsabilidade nas matérias de investigação científica e inovação.

Este tipo de instituições rege-se por princípios que permitam auferir uma melhoria contínua da formação, investigação e inovação, respeitando as normas adjacentes à prática desta atividade, como o acesso ao ensino superior, graus académicos, gestão dos ciclos de estudos, financiamento (privado ou público definido em Orçamento de Estado), serviços de ação social e a gestão de carreiras de docentes e investigadores, garantindo com tudo isto, a qualidade dos serviços prestados [17].

Para o cumprimento da missão destas instituições, um dos grandes desafios passa pela autonomia financeira, visto que, cada vez mais é necessário ampliar as fontes de rendimento próprio de modo a reduzir a dependência de financiamento público, recorrendo neste ponto ao desenvolvimento dos seus centros de investigação próprios (caso existam), o estreitamento de relações entre investigadores e empresas e incentivo à inovação e empreendedorismo nos projetos levados a cabo por alunos e docentes [18].

Por outro lado, com a intensificação do estabelecimento de relações internacionais e divulgação destas instituições a este nível, as questões de mobilidade tornam-se pertinentes para os processos de gestão destas entidades. A internacionalização permite que haja um enriquecimento dos planos curriculares, tornando-os mais atrativos tanto para os estudantes nacionais como estrangeiros além-fronteiras. Neste contexto é assumida uma preocupação para que as pessoas por si formadas possuam capacidades de adaptação a uma sociedade à escala global, caracterizada pela sua diversidade cultural [19].

Fruto da complexidade dos processos de gestão anteriormente mencionados, torna-se essencial a implementação de SI, e respetiva TI que os suporta, com intuito de aproveitar todas as valências que este tipo de sistemas empregam para a realização das tarefas diárias destas instituições e também agilizar a tomada de decisão ao longo dos diversos níveis organizacionais.

Dada esta importância atribuída aos SI, é necessário que estes sejam desenvolvidos conforme as necessidades organizacionais, atribuindo-lhes maior grau de especificidade para as tarefas que são concebidos, mas tendo sempre em conta que, esta componente mais tecnológica deve ser gerida sob uma perspectiva de integração dos vários SI e TI, permitindo uma maior facilidade no acesso e tratamento da Informação [20]. A implementação de uma ASI é incentivada, uma vez que permite ter uma perspectiva transversal de todos os SI da instituição bem como os seus limites e relações.

Atendendo a estas extrapolações dos SI no seio das instituições do ESP, tornou-se pertinente aferir o seu nível de implementação e integração, enunciando também os tipos de SI mais encontrados para a gestão do universo organizacional em que se encontram. Com base num dos mais recentes estudos realizados sobre a aplicação de SI em instituições públicas do ESP, foi pretendido identificar os níveis de implementação e integração de componentes de SI, bem como a identificação de funcionalidades utilizadas no apoio da tomada de decisão nos processos de Gestão Global e Estratégia [21].

Das instituições inquiridas, a grande maioria apresenta maturidade na implementação de componentes de SI para o desempenho de tarefas das suas áreas funcionais, como são os casos da Gestão: Financeira e Contabilística, Académica, Recursos Humanos, Aprovisionamento e Gestão Patrimonial, Repositório Institucional e Registo da Produção Científica, sendo também identificados componentes de Avaliação do Desempenho de Docentes e Investigadores, mas numa percentagem pequena dos inquiridos.

No que diz respeito à internalização e externalização do desenvolvimento destes componentes, aproximadamente metade são desenvolvidos na instituição. Quanto às questões de integração, apesar de existir consciência das suas vantagens, apenas uma pequena parte das instituições coloca o conceito em prática. Olhando para os componentes de SI orientados à obtenção de Conhecimento e Inteligência Organizacional é possível destacar a utilização de sistemas de *BI*, cubos analíticos e *DataWarehouses*, folhas de cálculo, *Balanced Scorecard*, entre outros que permitem obter indicadores de gestão, e que usam técnicas de *DV* materializadas em *dashboards*.

III. O CASO DE ESTUDO – UTAD

A. A instituição

A UTAD, sedeadada em Vila Real, é uma instituição pública do ESP, fundada em 1973 no interior norte de Portugal que cimentou a sua relação com a cidade de Vila Real e com toda a região, envolvendo-se intensamente no seu desenvolvimento. Desenvolve a sua atividade pedagógica e científica através das suas Escolas e Centros de Investigação, e procura aprofundar o conhecimento e desenvolver competências e tecnologias capazes de responder a problemas de âmbito global, nacional

ou regional, num quadro de modernidade. De acordo com os seus Estatutos, a UTAD tem como objetivos fundamentais o Ensino, a Investigação, a Extensão e Apoio à Comunidade.

Esta instituição deverá constituir um Centro de Excelência para a educação permanente e para a criação, transmissão e difusão da cultura, da ciência e da tecnologia. Hoje, contribui para a estruturação e desenvolvimento do sistema educativo nacional, bem como a afirmação da Cidade de Vila Real, enquanto centro urbano estruturante da região de Trás-os-Montes e Alto Douro, apelando e incentivando ao empreendedorismo, e nessa medida, e no contexto do país, contribui igualmente para a qualificação da rede de equipamentos e do policentrismo no domínio do ensino superior.

B. Necessidades Identificadas e Motivações

Da abordagem conceptual que foi realizada na secção 2 deste artigo, verificou-se a crescente preocupação das instituições do ESP para a utilização de SI como força motora para o desenvolvimento e sustentação das suas atividades, à semelhança do que acontece com as demais organizações das diversas áreas da sociedade. A UTAD não se exclui deste contexto e, no âmbito deste trabalho, foram identificadas como principais necessidades a necessidade de adquirir conhecimento de todos os SI de suporte às mais diversas áreas funcionais da universidade, qual o seu grau de maturidade, integração e inovação, identificando os níveis organizacionais onde são utilizados; verificação da existência de dimensões dedicadas à Gestão do Conhecimento, desde o nível Operacional até ao nível Estratégico, havendo interesse em averiguar se a informação presente nestes sistemas é fidedigna para alimentarem os sistemas de suporte à decisão.

Alinhadas com as necessidades identificadas, surgem como principais motivações para o desenvolvimento do presente trabalho, a crescente preocupação das universidades otimizarem os seus processos e rentabilizarem os investimentos efetuados, a necessidade de determinação das prioridades de desenvolvimento, incentivo à integração dos diversos sistemas das áreas funcionais, de modo a que se possa ver o sistema como um todo e não como blocos funcionais, a modelação de processos de negócio, devido à necessidade de definir quais os seus trâmites, fluxos, intervenientes e fronteiras, a necessidade de controlar a proliferação e disseminação de informação de modo a que esta chegue ao devido destinatário, nas melhores condições e, acima de tudo, o aumento da capacidade de gestão estratégica dos níveis hierárquicos superiores de qualquer universidade.

Posto isto, a equipa de investigação achou pertinente desenvolver uma ASI, o mais genérica possível, que permita obter uma visão holística de todos os SI e, que possa inclusive ajudar a definir prioridades nos SI que deverão ser desenvolvidos no futuro e, que possa ser aplicada tanto ao caso de estudo da UTAD como todas as restantes instituições do ESP.

IV. PROPOSTA DE ARQUITETURA DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Anteriormente, na secção 2 deste artigo, foi referida a importância das ASI no seio organizacional, para a gestão mais eficaz dos SI/TIC, dada a importância destes

componentes para o desenvolvimento das tarefas diárias e para a gestão da Informação utilizada para gerar Conhecimento e inteligência. Nesse sentido, e dado o crescente investimento de SI/TIC nas instituições do ESP, a equipa de investigação inerente a este artigo, achou por bem conceber uma ASI o mais genérica possível para fazer uma gestão mais eficaz destes recursos (Figura 1), de maneira a não se aplicar apenas ao caso de estudo da UTAD, mas também ao maior número possível de instituições deste tipo.

A ASI proposta neste trabalho é uma arquitetura multidimensional, isto porque, tornar-se-ia redutor fazer uma ASI que apenas contivesse o mapeamento dos SI/TIC, sem que houvesse um enquadramento com as dimensões organizações a que estão associados. Atendendo a esta preocupação, na ASI proposta são identificadas as Áreas Funcionais da instituição por onde se distribuem os SI/TIC, os atores diretos que interagem com estes componentes e o nível organizacional a que pertencem. Esta ASI permite identificar os fluxos de informação sobre uma perspetiva holística e integrada, contemplando as visões pretendidas sobre um dado facto/evento, através dos diferentes níveis organizacionais.

Para além do mapeamento dos SI/TIC ainda é possível visualizar a componente lógica e processual associada a esta gestão da Informação. A componente lógica é construída a partir das unidades orgânicas da organização e a componente processual caracteriza-se a partir das tarefas e funções desempenhadas pelos atores. Na associação entre atores e níveis organizacionais, podemos identificar para o nível Operacional a função de Técnico Especialista, para o nível Técnico o Gestor Técnico, associar o Gestor de Área Funcional ao nível Tático e no topo desta ASI podemos encontrar o Gestor de Topo associado ao nível Estratégico.

Na ASI apresentada é possível visualizar que a Intranet assume um lugar de destaque nesta arquitetura. Esta importância atribuída à Intranet deve-se ao facto de ser um meio privilegiado, utilizado por todos os serviços do caso de estudo, utilizada como ferramenta colaborativa privada para a gestão documental, partilha de documentos, troca de mensagens, aceder remotamente a dados, garantir integridade dos dados e disseminá-los a todos aqueles a que lhe devem aceder.

Aplicando a ASI proposta ao caso de estudo selecionado, e tendo em conta os estatutos da UTAD enquanto instituição do ESP, podem ser identificadas cinco áreas funcionais, nomeadamente: Serviços Académicos (SA), Serviços de Documentação e Bibliotecas (SDB), Serviços Financeiros e Patrimoniais (SFP), Serviços de Informática e Comunicações (SIC) e Serviços de Recursos Humanos (SRH). Estes serviços devem ser utilizados para o apoio técnico e administrativo permanente, no sentido de alcançar o bom funcionamento da instituição e de toda a sua estrutura organizacional.

Nesta instituição, os SA são compostos pela gestão administrativa e académica de todos os processos afetos ao percurso escolar dos estudantes, sendo o início deste ciclo o ato de candidatura, findando com a sua graduação e/ou pós-graduação, conferente de grau, em conformidade com todos os órgãos legais e estatutos competentes no que diz respeito à matéria académica. Por outro lado, estes serviços também são responsáveis pelo processamento e divulgação de dados estatísticos e informações que digam respeito às atividades

académicas, estando incluídos a reitoria e administração desta instituição.

No desempenho das atividades dos SA, ao nível operacional (técnico especialista) são utilizados os seguintes SI para registo e monitorização: Sistema de Informação de Apoio ao Ensino (SIDE), Sistema de Gestão Académica, Sistema de Atendimento e Sistema de I/O de Documentos. O Sistema de Gestão Académica permite, entre outras, fazer a gestão dos cursos (inscrições, sessões, ausências, associação a ciclo de estudo), gerir a base de dados de docentes (dados pessoais e profissionais e respetivas unidades curriculares associadas), pagamento de serviços (propinas e pedidos de documentos) e gestão do ciclo de vida do estudante, desde a sua candidatura até à entrega de certificado/carta de curso.

O SIDE nesta arquitetura é considerado externo porque a sua gestão está fora da alçada dos SA, e é utilizado para a troca de pautas entre docentes e SA, na conclusão de cada semestre, atualizando a situação académica dos alunos. O Sistema de I/O de Documentos é utilizado para o envio e receção de documentos e o Sistema de Atendimento regista os diversos tipos de pedidos que podem ser feitos por quem se dirige a estes serviços. Ao nível Técnico são utilizados os mesmos SI do nível operacional, com a diferença de este nível utilizar as opções de *report* e validação de dados introduzidos pelo nível inferior. Para a aferição de metas pelo nível Tático e definição destas no nível Estratégico, são utilizadas folhas de cálculo que têm por base os dados dos SI dos níveis inferiores, respetivamente.

A atividade dos SFP é segmentada em dois núcleos: Financeiro e Patrimonial. No primeiro núcleo encontramos três setores: Orçamento e Conta, Contabilidade/Tesouraria e Acompanhamento e Execução Financeira de Projetos. Em relação ao segundo núcleo, identificamos os setores de Aprovisionamento/Stocks e Património. Estes serviços desempenham um papel fundamental na medida em que fazem a gestão económica da UTAD, garantindo o cumprimento de prazos de pagamento a fornecedores/Outros. Estes almejam a rentabilização das receitas (reduzindo os custos), e disponibilização das verbas para o desenvolvimento dos restantes serviços desta instituição.

No que diz respeito ao SI do nível Operacional dos SFP, encontramos um Sistema Integrado de Gestão Financeira e Patrimonial que permite aos Técnicos Especialistas o registo e monitorização de aspetos relacionados com: Contabilidade; Tesouraria e Gestão de Bancos; Estipulação de Orçamentos; Gestão de Projetos de I&D e outros; Logística (obras públicas e aquisição de bens/serviços); Gestão de Stocks; Gestão do Património (ativos móveis e imóveis); Abonos e Vencimentos (integrado com SRH); Gestão Comercial (emissão a Clientes).

Ao nível da Gestão Técnica é utilizado o SI do nível Operacional, possuindo a capacidade de serem gerados *reports* e validação de dados. Por outro lado, neste nível também existe um SI que permite fazer a exportação (formatos standard), armazenamento e envio de documentos com base nos dados do SI operacional. Quanto ao nível Tático são utilizadas folhas de cálculo para aferição de metas e é também utilizado o SI da Direção Geral do Orçamento (DGO) sob uma perspectiva de registo e monitorização. Na Gestão de Topo são utilizadas folhas de cálculo para análise estatística e

estabelecimento de metas, e o SI da DGO para fazer Balanço Analítico.

Os SDB, surgem nesta instituição enquanto estruturas de apoio ao ensino, investigação, envolvimento com os diferentes *stakeholders*, agentes sociais ativos no processo educativo. A sua área de atuação abrange a garantia de forma profícua e proficientemente a recolha, tratamento e difusão de documentos nos mais diversos formatos, contribuindo para o desenvolvimento e consolidação dos diferentes saberes, da aprendizagem e da investigação, salvaguardando os valores e a cultura organizacional, promovendo a edição e divulgação de documentos áudio-scripto-visuais, multimédia e gráficos, fomentando as parcerias e cooperação através da extensão e apoio à comunidade.

A prática operacional dos SDB passa utilização de SI na Gestão Documental para aquisição, tratamento e difusão (nas perspetivas de gestão de utilizadores, espaços e dados científicos), Edição de Monografias, Repositório para Produção Científica (com foco para Teses de Doutoramento e Dissertações de Mestrado), Repositório para Fotografias (eventos da UTAD) e os sistemas externos RCAAAP (Repositório Científico de Acesso Aberto de Portugal), Degóis e ORCID (associação dos perfis de investigadores às publicações científicas). Ao nível Técnico são utilizados os mesmos SI mas com as funções de validação de dados operacionais e criação de *reports*, envio de documentos para revisores e atualização do processo a todos que participam nele (*tracking* do processo).

Os níveis superiores deste serviço, como fonte de obtenção de Conhecimento e gestão superior da Informação, utilizam ao nível Tático o Sistema de Gestão Documental, RCAAAP, Degóis e ORCID numa perspetiva de construção de *dashboards* e aferição de metas e também a utilização de um SI para a disseminação de Informação (e.g. renovação de requisições e reserva de auditórios). Ao nível da Gestão de Topo são utilizadas folhas de cálculo e uma plataforma de BI/SSBI para o estabelecimento de metas para o serviço bem como Conhecimento para a gestão do mesmo.

Quanto aos SIC, desenvolvem a sua atividade no âmbito do planeamento, gestão promoção e suporte de comunicações de dados IP, segurança informática, centro de dados e *Cloud Computing*, gestão de tecnologias informáticas, sistemas de informação e aplicações informáticas, serviços multimédia e gestão de informação em alinhamento com as atividades e estratégia da UTAD. Estes serviços podem ser segmentados em duas divisões: Infraestruturas, Comunicação e Suporte; e Sistemas de Informação, Multimédia, Conteúdos e Gestão de Informação.

A primeira divisão é responsável pelo apoio aos utilizadores; planear, gerir e manter toda a infraestrutura técnica adequada à exploração das aplicações e serviços de suporte à gestão e funcionamento da UTAD. A segunda divisão compete garantir o correto funcionamento das aplicações corporativas e colaborativas, proceder à sua manutenção e atualização, bem como conceber, planear e coordenar o desenvolvimento das aplicações necessárias ao desenvolvimento das atividades da UTAD.

A prática das atividades operacionais dos SIC incorrem da utilização de três SI de *core* nomeadamente, *Network Operation Center (NOC)* para monitorização da infraestrutura

de rede, de modo a poder fazer uma intervenção reativa mediante os acontecimentos; *IT Service Management (ITSM)* como sistema de *tickets* para o atendimento e resolução de problemas detetados/pedidos pelos utilizadores de forma eletrónica; *Infrastructure Communication Service (ICS)* para *logging device* nos diversos pontos de rede e serviços. Ao nível Operacional são efetuadas sobre estes SI atividades de registo e monitorização, enquanto no nível superior (Técnico), são obtidos destes sistemas *reports* e validação dos dados obtidos.

Quanto aos níveis superiores deste serviço, é utilizada uma ferramenta de *BI/Self-Service BI (SSBI)*, em que são construídos *dashboards* com informação importante relativa à gestão destes serviços, sendo que ao nível Tático são construídas as visualizações para a aferição do cumprimento de metas, estipuladas previamente na mesma plataforma (outra área) pelo Gestor de Topo no nível Estratégico.

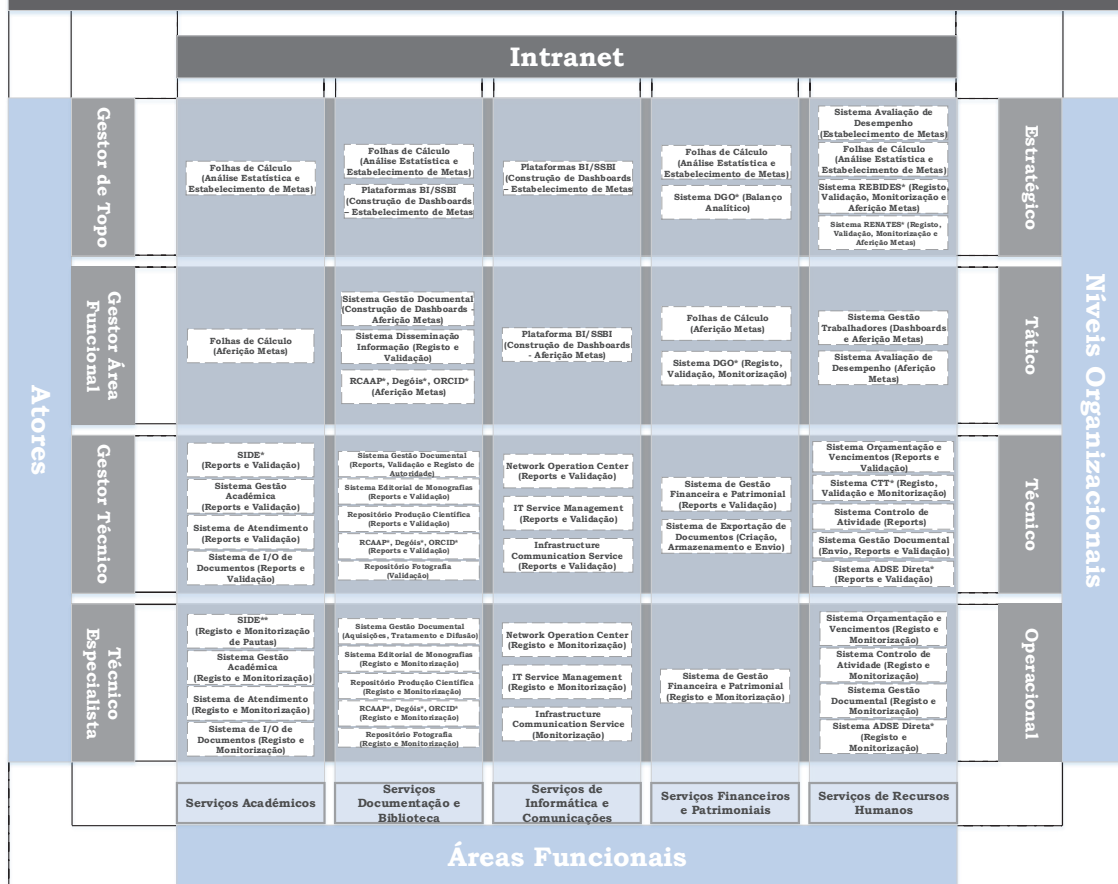
Os SRH são uma das áreas funcionais que serve de elo entre a hierarquia de topo e os trabalhadores. Assim, os SRH têm como missão a definição e implementação de políticas de gestão de pessoal e expediente da UTAD, compreendendo como tarefas: gestão de trabalhadores, vencimentos e abonos, expediente geral, formação e avaliação de desempenho. Nestes serviços, a gestão dos trabalhadores é primordial, na medida

em que todos os colaboradores devem estar direcionados para o cumprimento de objetivos e metas da instituição, coadunando-se com o seu plano estratégico.

Para os SRH, ao nível Operacional as atividades operadas sobre os SI são de registo e monitorização. A este nível são utilizados os sistemas: Orçamentação e Vencimentos (integrada com Sistema de Gestão Financeira e Patrimonial dos SFP), Gestão Documental (desde que não haja custos associados; são digitalizadas e guardadas as partes importantes dos documentos), Controlo de Atividade (presenças) e o SI externo ADSE Direta associada à área da saúde. Ao nível Técnico, para além dos SI referenciados no nível inferior (neste nível usados para *reports* e validação de dados), acrescenta um SI externo dos CTT para envio de correspondência e gestão de encomendas.

Ao nível Tático são utilizados SI para a Gestão dos Trabalhadores e Avaliação do seu Desempenho (aferição de metas). No nível superior desta ASI, para estes serviços são encontrados SI para Avaliação do Desempenho dos trabalhadores (estabelecimento de metas); folhas de cálculo para análise estatística e estabelecimento de metas, e os SI externos REBIDES e RENATES, para o registo biográfico de docentes e produção científica, respetivamente.

Arquitetura do Sistema de Informação



* Sistemas de Informação Externos à UTAD
 ** Sistema de Informação fora do âmbito das Áreas Funcionais da UTAD

Figura 1 - Arquitetura de Sistemas de Informação Multidimensional Proposta

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHO FUTURO

As constantes mudanças dos ambientes em que se inserem as organizações exige que estas possuam Conhecimento e Inteligência de todas as suas áreas de atuação, tornando-se a Informação um componente nuclear para as organizações, surgiu a necessidade ser gerida, sendo criados os SI. SI como o caso dos *DSS*, devem permitir agilizar o tratamento de dados e deteção de tendências e padrões dos mesmos (incentivando a sua representação visual) permitindo tomar decisões fundamentadas obtendo vantagens competitivas e destaque no ambiente em que se inserem. Neste contexto também as arquiteturas de *BI* surgem como forma de auxílio à criação de Conhecimento e Inteligência organizacional, bem como a gestão de todo este processo.

Atendendo à importância dos SI e arquiteturas de *BI* para as organizações, torna-se extremamente crucial a gestão destes recursos. Assim, surgem as ASI como forma de fazer o

mapeamento destes recursos, bem como a identificação da forma como se relacionam, permitindo obter uma visão global do funcionamento dos mesmos. Este tipo de arquiteturas permite também identificar com maior eficácia o grau de ligação entre os sistemas, bem como identificar a necessidade de integração entre eles, e também permitem fazer uma gestão voltada para o futuro, com a identificação de prioridades de desenvolvimento e investimento neste campo.

A importância atribuída às ASI pelas organizações é conhecida e também é transversal às instituições do ESP, dada à complexidade do seu âmbito de atuação e dado o crescente investimento das mesmas na componente SI/TIC que suportam as suas atividades diárias. Neste sentido, a equipa de investigação decidiu conceber uma ASI que permitisse fazer a gestão de SI/TIC utilizados pelas diversas unidades funcionais deste tipo de instituições, e que fosse a mais genérica e transversal a todas as instituições deste tipo. O trabalho

desenvolvido e apresentado neste artigo, teve como base o caso de estudo da UTAD, dada a proximidade da equipa de investigação com esta instituição.

A ASI proposta possibilita fazer uma gestão holística de toda a componente de SI/TIC da UTAD, mas no sentido de enriquecer esta arquitetura, foram também identificadas as diversas áreas orgânicas da instituição em causa, bem como os atores que interagem com estes componentes, e os níveis organizacionais onde se aplicam, daí caracterizarmos esta arquitetura como sendo multidimensional.

Contudo, tornar-se-ia redutor assumir apenas como principais preocupações de gestão de uma instituição do ESP, as questões relacionadas com as áreas funcionais da organização. Neste sentido, seria pertinente incluir as restantes dimensões que estão ao abrigo da gestão destas instituições, como é o caso das questões de Pedagogia, Ensino, Investigação e Inovação/Empreendedorismo. Também seria interessante aplicar a ASI desenvolvida a outras instituições do ESP, de modo a aferir se a arquitetura em causa é suficientemente genérica para englobar as necessidades de gestão da componente de SI/TIC deste tipo de instituições. É incentivado o desenvolvimento de um DSS que alinhado com uma arquitetura de BI permita perfilar os níveis superiores de gestão com os níveis operacionais, contemplando todas as necessidades dos diferentes decisores, à semelhança do que acontece com a área funcional dos SIC-UTAD.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] F. Branco, J. Martins, R. Gonçalves, J. Bessa and A. Costa, "A Decision Support Platform for IT Infrastructure Management", in *Information Systems and Technologies (CISTI), 2015 10th Iberian Conference on*, 2015, pp. 1-7.
- [2] V. Goepp, F. Kiefer and F. Geiskopf, "Design of Information System Architectures Using a Key-Problem Framework", *Computers in Industry*, vol. 57, pp. 189-200, 2006.
- [3] C. Emani, N. Cullot and C. Nicolle, "Understandable Big Data: A Survey", *Computer Science Review*, vol. 17, pp. 70-81.
- [4] B. Schlichter and L. Danylchenko, "Measuring ICT Usage Quality for Information Society Building", *Government Information Quarterly*, vol. 31 (1), pp. 170-184, 2014.
- [5] E. Serna, "Maturity Model of Transdisciplinary Knowledge Management", *International Journal of Information Management*, vol. 35 (6), pp. 647-654, 2015.
- [6] M. du Plessis, "Drivers of Knowledge Management in the Corporate Environment", *International Journal of Information Management*, vol. 25 (3), pp. 193-202, 2005.
- [7] R. Whittington, "Information Systems Strategy and Strategy-as-Practice: A Joint Agenda", *The Journal of Strategic Information Systems*, vol. 23 (1), pp. 87-91, 2014.
- [8] R. Prasanna and T. Huggins, "Factors Affecting the Acceptance of Information Systems Supporting Emergency Operations Centres", *Computers in Human Behavior*, vol. 57, pp. 168-181, 2016.
- [9] R. Shibl, M. Lawley and J. Debuse, "Factors Influencing Decision Support System Acceptance", *Decision Support Systems*, vol. 54 (2), pp. 953-961, 2013.
- [10] D. Fogli and G. Guida, "Knowledge-centered Design of Decision Support Systems for Emergency Management", *Decision Support Systems*, vol. 55 (1), pp. 336-347, 2013.
- [11] A. Popovič, R. Hackney, P. Coelho, J. Jaklič, "How Information-Sharing Values Influence the Use of Information Systems: An Investigation in the Business Intelligence Systems Context", *The Journal of Strategic Information Systems*, vol. 23 (4), pp. 270-283, 2014.
- [12] M. Elbashir, P. Collier and M. Davern, "Measuring the Effects of Business Intelligence Systems: The Relationship Between Business Process and Organizational Performance", *International Journal of Accounting Information Systems*, vol. 9 (3), pp. 135-153, 2008.
- [13] H. Grierson, J. Corney and G. Hatcher, "Using Visual Representations for the Searching and Browsing of Large, Complex, Multimedia Data Sets", *International Journal of Information Management*, vol. 35 (2), pp. 244-252, 2015.
- [14] N. Niu, L. Xu and Z. Bi, "Enterprise Information Systems Architecture – Analysis and Evaluation", in *Industrial Informatics, IEEE Transactions on*, vol. 9 (4), pp. 2147-2154, 2013.
- [15] V. Goepp, F. Kiefer and F. Geiskopf, "Design of Information System Architectures Using a Key-problem Framework", *Computers in Industry*, vol. 57 (2), pp. 189-200, 2006.
- [16] L. Rodrigues, *Arquiteturas dos Sistemas de Informação*, Lisbon, 2007.
- [17] S. Mansmann and M. Scholl, "Decision Support System for Managing Educational Capacity Utilization", in *Education, IEEE Transactions on*, vol. 50 (2), pp. 143-150, 2007.
- [18] A. McGettigan, *The Great University Gamble: Money, Markets and Future of Higher Education*, London, 2013.
- [19] M. Heitor, "How University Global Partnerships May Facilitate a New Era of International Affairs and Foster Political and Economic Relations", *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 95, pp. 276-293, 2015.
- [20] Branco, F., et al. (2015). Decision Support System for the Agri-food Sector – The Souscamp Group Case. New Contributions in Information Systems and Technologies: Volume 1. A. Rocha, M. A. Correia, S. Costanzo and P. L. Reis. Cham, Springer International Publishing: 553-563.
- [21] Gabinete de Estudos, Avaliação, Planeamento e Qualidade do ISCTE-IUL, Instituto Politécnico do Porto and Direção-Geral de Estatística da Educação (2015), "Implementação e Integração dos Sistemas de Informação e Gestão nas Instituições Públicas de Ensino Superior". Available at: http://www.uab.pt/c/document_library/get_file?uuid=2730858b-d229-42bc-a6b6-43cb3450cc88&groupId=10136

A Framework for Organizational Memory Management of Research Projects in Institutions of Higher Education

Andrés Melgar

Departamento de Ingeniería, Sección de Ingeniería
Informática, Grupo de Investigación en Reconocimiento de
Patrones e Inteligencia Artificial Aplicada,
Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Perú
amelgar@pucp.edu.pe

Linder Corro

Escuela de Posgrado, Maestría en Informática, , Grupo de
Investigación en Reconocimiento de Patrones e Inteligencia
Artificial Aplicada,
Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Perú

Abstract — An institution of higher education that develops research projects can learn and remember the knowledge generated by these projects. In this paper we propose a framework for the management of organizational memory oriented research projects in higher education institutions. This framework supports the capture, storage and retrieval of knowledge from research projects, which could provide access to documents or documentation thereof. The construction of the framework is done using semantic technology that includes the development of an ontology and semantic retrieval engine.

Keywords - knowledge management; organizational memory systems; semantic web; ontologies.

I. INTRODUCTION (HEADING 1)

Organizational Memory (OM) can be understood as a set of data, information and knowledge created over the lifespan of an organization. Organizational Memory System (OMS) have been proposed to manage OM, and provide mechanisms for retrieving pieces of knowledge. This enables the collection and preservation of knowledge for understanding and reuse in the future [1]. Thus, an OMS enables organizations to learn from and avoid repeating their mistakes.

From another perspective, an institution of higher education as an organization is a natural breeding ground for Knowledge Management (KM) and is characterized by three main elements: (i) the nature of its various stakeholders (*i.e.*, students, teachers, administrators, technical staff and partners) and their individual needs such as writing research papers or getting information about past or related projects [2], (ii) its heterogeneity of resources and administrative documents, courses, e-books, e-journals, patents, reports of committees and learning objects [2] and (iii) its different missions, including research. The research mission is to promote, develop and disseminate knowledge and to provide the suitable technical competencies to contribute to the cultural, social and economic development of societies, promoting and developing scientific research and technology. An institution of higher education benefits from OM by creating and maintaining relevant knowledge

repositories, improving access to knowledge and managing and evaluating it.

According to the systematic review we performed, OM implementation is scarce in Latin America. Few institutions have an OMS oriented to research projects to support the capture, creation, storage and dissemination of knowledge, which could enable access to documents that may contain information about i) events that accompany and are specific to each study, ii) information sources necessary to conduct research; or iii) competencies required for a specific project and solutions or research results. An important point is to improve the search mechanisms for information and knowledge, which is very important in an institution of higher education and its academic departments. Most attempts in the literature are presented in a project's stage and are generally a set of questions and perspectives [2].

Regarding the heterogeneity of resources, each researcher for a particular project needs to reach a variety of resources to help him successfully lead the research project. These resources include those documents or deliverables that each research project uses (*e.g.*, books, electronic journals, patents, learning objects, links and models, as well as resources that are generated the research in the end (*e.g.*, prototypes, models, architecture, research papers and patents). According to the systematic review this need is not met so researchers often have to start from scratch to collect information to perform research projects. Given that OM is not used, information and knowledge from past research are wasted, so a great opportunity for reuse is squandered in new projects.

The challenge now is to formalize and clarify the knowledge in all its forms to be usable, accessible and reusable for an institution of higher education. In this context, we formulate the question that concerns this research: **in what ways can we build a framework that supports the construction of an OMS oriented to research projects?** The proposed framework is an alternative answer to this question. For the framework construction, semantic technologies have been used. An ontology has been built to represent all information related to research projects. Each project is represented as one instance

in the ontology. The system interacts with OM through web services. Tests performed with real users have shown it is possible to recover the knowledge related to research projects. Since semantic technologies allow the drawing of inferences, it was possible to implement an intelligent search mechanism that allowed increases in the precision and recall of the queries.

This paper was structured in four sections. First the introduction is presented. Second the background literature is presented. In the third section the proposed framework is detailed and discussed. Section four includes a discussion of some relevant points and addresses future works. Finally, in the section five the conclusions are presented.

II. BACKGROUND LITERATURE

In this section, we review the OM literature and knowledge engineering approach which are used in framework construction. At first, organizational memory and organizational memory systems are defined. Then, the methods and techniques of the knowledge engineering are reviewed.

A. Organizational Memory

OM refers to information stored from an organization's history that can be brought to bear on present decisions [3] being considered an integral and important component of organizational learning [4]. It is the mean by which organizational knowledge result in higher or lower levels of organizational effectiveness [5, 6]. An OM is an explicit, disembodied, persistent representation of knowledge and information in an organization, is a physical mechanism of computer storage for knowledge asset [7], is an instance of the collective memory of an organization and involves encoding information with impact on the organization and as members interpret the information stored according to organizational context [8].

The OM works like a set of social interaction processes within the organization that change the knowledge base structure over time and that affect the magnitude, distribution, life time, location and form of knowledge held by organizations. These processes are: (i) acquisition, focuses on learning [3]; (ii) retention which is implemented by mechanisms operating at organizational and individual levels [3]; (iii) maintenance through recurrent interaction patterns; and finally (iv) OM retrieval for support to make decisions and solving problems [8] which can be automatic or controlled [3].

B. Organizational Memory Information Systems

An Organizational Memory Information System (OMIS) is a task-based memory system [9] that provide a means by which knowledge from the past is brought to bear on present activities, thus resulting in increased levels of effectiveness for the organization [5]. An OMIS represents OM [8], must integrate diverse information and knowledge including contexts, concepts, processes, behaviors, stories [10] and support knowledge work [8] having innovative ways to elicit and record such knowledge and facilities to bring this store

of knowledge to bear on current activities by effectively searching and retrieving relevant knowledge [10].

A OMIS has three major processes: i) acquisition, ii) search and retrieval, and iii) maintenance [5]. While similar in many ways to a conventional information system, an OMIS is unique in the sense the information producer and consumer may be the same entity [11].

C. Semantic Web and Ontologies

Semantic Web (SW) is an extension of actual web in where the Web is more understandable, and thus more computable by machines, in where information assume a meaning well defined, enabling peoples and computers to work in cooperation [12], increasing automation and precision in several aspects such as search, information extraction and information integration [13]. Thus computers are entities that extract and interpret information (FENSEL; MUSEN, 2001) [13].

SW architecture is formed by layers (see Figure 1. , in the bottom one there is three blocks used for encoded text (Unicode), identify resources in the Web (URIs) and structure or exchange information (XML). In the next layer, we have the RDF (Resource Description Framework) and RDF Schema (RDFS) block. A RDF¹ is a data model and language for describing web resources [14]. A RDFS² is a ontology languages lightweight that can be used to create taxonomies and ontologies and allow us to extend RDF model. SPARQL³ Protocol and RDF Query Language is the facto standard used to query RDF data [15].

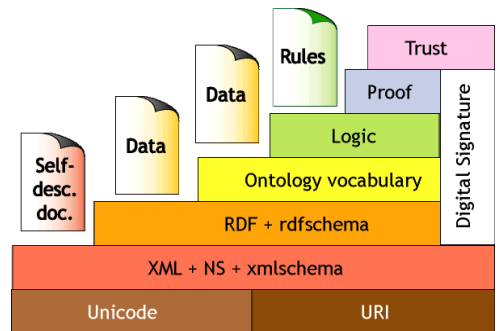


Figure 1. Semantic Web architecture. Image retrieved from <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html>

Based on RDF and RDFS different ontology languages are proposed. These languages allow us the creation of formal ontologies. OWL⁴, which gives Web Ontology Language interpretation, is currently the standard language for representing knowledge on the web. OWL2⁵ is the result of the latest development of Web Ontology Language [16]. RIF (Rule Interchange Format) is a W3C Recommendation that defines a framework to exchange languages in Web-

¹ <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-concepts-20040210/>

² <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

³ <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

⁴ <http://www.w3.org/TR/owl1-features/>

⁵ <http://www.w3.org/TR/owl2-profiles/>

based rules [17]. As OWL, RIF defines a set of languages covering various aspects of the logic layer.

In the context of knowledge representation, ontology is an explicit formal specification of concepts domain and relations between them [18-20]. An ontology is a shared conceptualization, consists of concepts, hierarchical organization, relationships among these, axioms [21] and defines a common vocabulary. Ontologies are widely used in knowledge engineering, artificial intelligence and computer science. Ontologies are generally very useful as they allow knowledge-based systems can reuse and share knowledge [21].

D. Information and Knowledge Retrieval

Information Retrieval (IR) deals with access to information as well as its representation, storage and organization. The overall goal of an IR process is to retrieve the information relevant to a given request [22]. IR includes modeling, document classification and categorization, system architecture, user interfaces, data visualization, filtering [22]. Knowledge Retrieval (KR) focuses on the knowledge level [23]. Knowledge can be extracted, represented and used from data and information. Many proposals and research efforts have been made regarding KR [23-25]. KR systems provide knowledge to users in a structured way. They are different from data retrieval systems and IR systems in inference models, retrieval methods, result organization, representation, storage and retrieved results [23].

III. THE PROPOSED FRAMEWORK

Our goal is to design a framework for OM management with the purpose of store information and manage knowledge of research projects for institutions of higher education by using semantic structures. To achieve this is necessary to meet specific objectives: i) identify information and knowledge requirements, actors and knowledge intensive processes required to carry out research projects; ii) use a scheme representation for the knowledge domain, iii) build knowledge repositories of research interests and research results, which allow us to store related information and integrate knowledge artifacts from various research projects; iv) show information and knowledge for all research projects made and in progress and all related information.

A. Development Process

After identifying the actors and knowledge intensive processes, these were modeled in an ontology using Protégé [26, 27]. They were created classes and subclasses for the domain concepts. To view the ontology, the OntoViz⁶ plugin for Protégé was used. OntoViz is a tool that allows us to visualize complex ontologies in simple graphs to understand. The ontology was constructed using the OWL language. In the ontology concepts related to research projects was modeled. Is designed so that digital resources are related so these support the knowledge retrieval processes. After designing the ontology, we proceed to the instantiation of it.

⁶ <http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoViz>

Then the ontology with instances and specific properties in each class was populated. May be included in the ontology, references to documents, engineering drawings, audio, video and multimedia documents.

To manipulate the ontology Jena Java API was used [28]. Fuseki⁷ was used in order to facilitate search and navigation between related concepts. Fuseki is a SPARQL server which perfectly complements Jena.

Keeping in mind the objective of reuse of knowledge, the OMS was developed using a service-oriented architecture. We deployed web services that return a response in JSON format to be consumed by the OMS or by other applications that access the service. Finally an OMS prototype was developed. This prototype will consume the stored knowledge to display information relevant to research projects. JSP, HTML5 and JavaScript was used to make the prototype

B. The Framework

In fig. 2 we present the architecture of the framework. The user through the search interface (fig. 2-a), select the lines or areas of research or introduces the search terms in order to retrieval research projects. This information is used in the Web Services component (fig. 2-b). This component is responsible for responding to the user's query made previously. To achieve this task, the Web Services make use of SPARQL Query component (fig. 2-c). This component makes use of SPARQL server who interacts with the developed ontology. The server responds to the query returning data related to it using the JSON format, which is processed in the Knowledge Retrieval component (fig. 2-d). Web services receive the answer, process and return it also using the JSON format (fig. 2-e). The interface receives the response from the web service and adjusts it for display to the user (fig. 2-f). Finally, information is presented to the user (fig. 2-g).

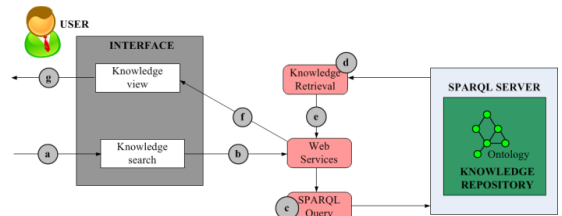


Figure 2. Architecture of the tool

In fig. 3, the main classes of the ontology developed are presented. The Documentation class represents all documents that can be elaborated within a research project. Within this hierarchy we can find classes representing Ph.D.'s thesis, master's thesis, journal articles, conference proceedings. Under the Organization class are the classes that represent the organizations with which research groups relate. These organizations may be other universities, research groups, funders, student associations. The Event class groups the different events in which a researcher can

⁷ <http://jena.apache.org/documentation/fuseki2/>

participate either as an assistant or as an organizer. These include conferences, lectures, tutorials, among others. Finally the class Person, brings together different kind of people interacting in an research. The research assistants, students and teachers are classified under this class.

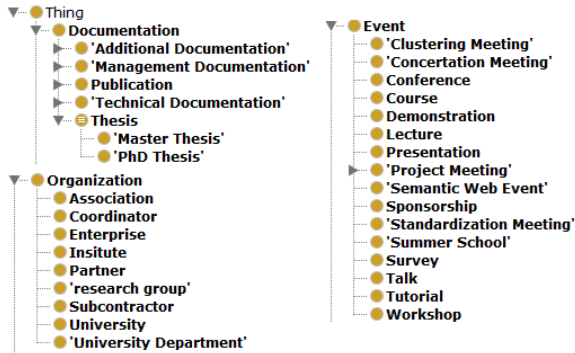


Figure 3. Main classes in the ontology

In fig. 4 is presented the main form where the semantic retrieval is performed. By selecting the areas of research (fig. 4-a), the system automatically retrieve the research areas for which they have research projects stored in the OM (fig. 4-b). The research areas are recovered using a Web service. The research projects, which have been recovered through an ontology are presented in the central part of the form (fig. 4-c). These can be recovered through the selection of the areas of research or by using filters (fig. 4-d).

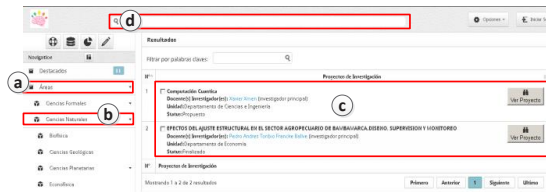


Figure 4. Semantic Retrieval of Organizational Memory

IV. RELATED WORKS

There is little research on the application of OM management within institutions of higher education. Most research in literature cover only some steps of a project and emerge in the form interrogation and prospects. In Jordan, there was a focused research detect empirically the presence of KM in Jordanian universities [29]. The research tested a set of variables related to KM, to extend the main factors of building a KM architecture, aiming to establish a proposed model representing the pillars of architecture in institutions of higher education. The population of this study represented all staff members in Jordanian universities, while the study sample was 355 academic, teaching in Jordanian universities, possessing different qualifications, with a variety of years of teaching and age, only 310 questionnaire were completed and analyzed. The results showed that the pillars of a KM architecture in institutions of higher education in Jordanian

are: purpose and strategy, information systems, culture, and communications.

In China, [30] defines the significance of KM educational and analyzes the existence of problems in management systems. The authors try to achieve more executivity, and a resource management system more efficient through the development of a database based on ontology CELTS (Chinese E-Learning Technology Standards). Through literature research and interviews with users, this research details modules and system architecture of KM educational that rests on CELTS and ontology. [31] tries to reflect the challenges and implications of trends in knowledge for universities, management and research. From a university perspective, technology transfer to industry and the perception in the society and general public, are a key factor.

A. OM in institutions of higher education

[2] examines an experiment to implant a methodology for KM within IBN Zhor University of Add, in Morocco. The authors established a resource center for training and research. They chose the National School of Commerce and Research and propose a method based on e-learning and its components to establish an OM of the legacy scientific, technical and intellectual capital administrative of the university. Primarily interested in the constitution of a repository of resources for learning and research. This deposit of explicit knowledge include administrative documents, courses and e-books. The process used is based on e-learning and offers stakeholders an introduction to KM. One of the main activities proposed to actor requires sending their documents as working from home, in an e-learning platform. The document required comes obviously of their daily work. The documents are validated and then indexed and ranked using an ontology. The ontology created served to facilitate the search and navigation in capitalized knowledge.

[32] propose a model of academic OM. This model incorporates multiple stages of conversion of personal and social knowledge that can be compatibly supported by virtual learning environments.

B. Framework and Architectures for OM

Headings, or heads, are organizational devices that guide the [33] propose a framework for organizational information processing, also called model organizational information processing, which integrates learning, organizational intelligence and KM methods and contains a set of processes information. With the help of this framework investigates the use of OMSs in large organizations.

[10] propose a framework 3-layer for a system of dynamic OM information. The framework consists of a pragmatic layer to support the current activity, a conceptual layer to store the concepts inherent in that activity, and a process layer to store the experience to undertake this activity. It illustrates a partial implementation of the framework to support epidemiological research. [6] defines a framework research for guiding empirical studies of OM based on the framework CSCW research, and describes an exploratory laboratory study based on factors identified. [34]

presents the framework FRODO for distributed OM, which may be described as a system of multiple meta-information structures based on a representation of the ontology and context based workflow.

V. CONCLUSIONS

According to the systematic review related to OM and institutions higher education there is a few implementation of OMS. It is very beneficial for a higher educational institution have a mechanism to search for information and knowledge, which is very indispensable and given that an OM uses a model of IR based on ontology, the benefits are aimed at exploiting domain knowledge bases to support semantic search capabilities in large document repositories, highlighting on the one hand use of ontologies made in the semantic-based perspective on the other hand the consideration of unstructured content [35]. The aim is to manage the OM scientific heritage of a higher educational institution and improve decision-making on research projects that are running.

REFERENCES

- [1] S. Basaruddin, H. Haron, and S. A. Noordin, "Understanding Organizational Memory System for Managing Knowledge," *Int. Conf. Adv. Inf. Technol. With Work. ICBMG*, 2011.
- [2] A. Laoufi, S. Mouhim, E. H. Megder, and C. Cherkaoui, "An ontology based architecture to support the knowledge management in higher education," *International Conference on Multimedia Computing and Systems*, 2011.
- [3] J. P. Walsh and G. R. Ungson, "Organizational memory," *Academy of management review*, vol. 16, pp. 57-91, 1991.
- [4] G. P. Huber, "Organizational learning: The contributing processes and the literatures," *Organization science*, vol. 2, pp. 88-115, 1991.
- [5] E. W. Stein and V. Zwass, "Actualizing organizational memory with information systems," *Information Systems Research*, vol. 6, pp. 85-117, 1995.
- [6] J. Morrison and M. Weiser, "A research framework for empirical studies in organizational memory," presented at the Proceedings of the Twenty-Ninth Hawaii International Conference on System Sciences, 1996.
- [7] A. Brooking, *Corporate Memory: Strategies for Knowledge Management*: International Thomson Publishing, 1998.
- [8] E. W. Stein, "Organization memory: Review of concepts and recommendations for management," *International Journal of Information Management*, vol. 15, pp. 17-32, 1995.
- [9] M. S. Ackerman and E. Mandel, "Memory in the small: an application to provide task-based organizational memory for a scientific community," *Proceedings of the Twenty-Eighth Hawaii International Conference on System Sciences*, 1995.
- [10] H. Linger, F. Burstein, A. Zaslavsky, and N. Crofts, "A framework for a dynamic organizational memory information system," *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, vol. 9, pp. 189-203, 1999.
- [11] J. Morrison, "Organizational memory information systems: Characteristics and development strategies," *Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences*, 1997.
- [12] N. Shadbolt, W. Hall, and T. Berners-Lee, "The semantic web revisited," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 21, pp. 96-101, 2006.
- [13] D. Fensel and M. A. Musen, "The semantic web: a brain for humankind," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 16, pp. 24-25, 2001.
- [14] S. Decker, S. Melnik, F. van Harmelen, D. Fensel, M. Klein, J. Broekstra, et al., "The Semantic Web: the roles of XML and RDF," *IEEE Internet Computing*, vol. 4, pp. 63-73, 2000.
- [15] B. Glimm, "Using SPARQL with RDFS and OWL Entailment," in *Reasoning Web. Semantic Technologies for the Web of Data*. vol. 6848, A. Polleres, C. d'Amato, M. Arenas, S. Handschuh, P. Kroner, S. Ossowski, et al., Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2011, pp. 137-201.
- [16] B. C. Grau, I. Horrocks, B. Motik, B. Parsia, P. Patel-Schneider, and U. Sattler, "OWL 2: The next step for OWL," *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, vol. 6, pp. 309-322, 11// 2008.
- [17] M. Kifer, "Rule Interchange Format: The Framework," in *Web Reasoning and Rule Systems*. vol. 5341, D. Calvanese and G. Lausen, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 1-11.
- [18] N. Guarino, "Formal ontology in information systems," *Proceedings of the first international conference (FOIS'98)*, 1998.
- [19] R. Studer, V. R. Benjamins, and D. Fensel, "Knowledge engineering: Principles and methods," *Data & Knowledge Engineering*, vol. 25, pp. 161-197, 3// 1998.
- [20] T. R. Gruber, "A translation approach to portable ontology specifications," *Knowledge Acquisition*, vol. 5, pp. 199-220, 6// 1993.
- [21] H. Yun, J. Xu, J. Xiong, and M. Wei, "A knowledge engineering approach to develop domain ontology," *International Journal of Distance Education Technologies*, vol. 9, pp. 57-71, 2011.
- [22] R. Baeza-Yates and B. Ribeiro-Neto, *Modern information retrieval* vol. 463: ACM press New York, 1999.
- [23] Y. Yiyu, Z. Yi, Z. Ning, and H. Xiangji, "Knowledge Retrieval (KR)," presented at the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence, 2007.
- [24] P. Oertel and E. Amir, "A framework for commonsense knowledge retrieval: Preliminary report," 7th International Symposium on Logical Formalizations of Commonsense Reasoning, Commonsense, 2005.
- [25] M. Kamel and Y. Quintana, "A graph-based knowledge retrieval system," *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 1990.
- [26] J. A. Khan and S. Kumar, "Deep analysis for development of RDF, RDFS and OWL ontologies with protege," 3rd International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (ICRITO) (Trends and Future Directions), 2014.
- [27] N. F. Noy, M. Sintek, S. Decker, M. Crubézy, R. W. Ferguson, and M. A. Musen, "Creating semantic web contents with protégé-2000," *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, vol. 16, pp. 60-71, 2001.
- [28] B. McBride, "Jena: A Semantic Web Toolkit," *IEEE Internet Computing*, vol. 6, pp. 55-59, 2002.
- [29] M. R. Alzoubi and F. J. Alhajjar, "Knowledge Management Architecture Empirical Study on the Jordanian Universities," *European Journal of Economics, Finance and Administrative Sciences*, vol. 21, pp. 101-114, 2010.
- [30] H. Xi, "The framework of educational knowledge management system based on ontology and CELTS," *International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2010.
- [31] G. Kotsis, "New challenges for universities in the knowledge triangle," *Proceedings of the 13th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services*, 2011.
- [32] Y. Zhou and X. Lin, "Mechanism of school organizational knowledge development," *Proceedings of 2005 IEEE International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering*, IEEE NLP-KE'05, 2005.
- [33] R. K. Maier and O. W. Klosa, "Organizational Memory Systems to support organizational information processing: Development of a framework and results of an empirical study," *Proceedings of the ACM SIGCPR Conference*, pp. 138-143, 1999.
- [34] L. van Elst, A. Abecker, A. Bernardi, A. Lauer, H. Maus, and S. Schwarz, "An agent-based framework for distributed organizational memories," *Coordination and Agent Technology in Value Networks, Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI)*, 2004.
- [35] M. Fernández, I. Cantador, V. López, D. Vallet, P. Castells, and E. Motta, "Semantically enhanced Information Retrieval: An ontology-based approach," *Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web*, vol. 9, pp. 434-452, 2011.

Aceptación de la Intención de Uso del Efectivo Móvil

Acceptance of the Intended Use of the Cash Mobile

Bayona Oré Sussy, Leyva Rodríguez Lizet

Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima – Perú

sbayonao@hotmail.com, lizet2901@gmail.com

Resumen — El desarrollo de las tecnologías de información y el acceso de los usuarios a la telefonía móvil, está modificando la forma en que se realizan las transacciones bancarias. Una iniciativa que las instituciones bancarias han puesto a disposición de los usuarios es el Efectivo Móvil. Sin embargo, su masificación está condicionada por una serie de factores. En este artículo se presenta un estudio empírico sobre las variables que afectan la adopción del Efectivo Móvil. Se revisan los modelos de aceptación tecnológica y se selecciona y adapta el modelo TAM, incluyendo las variables de estudio: Utilidad percibida, Aspectos de seguridad e Intención de uso. Los resultados de una encuesta a clientes de dos entidades bancarias muestran aspectos de seguridad como una barrera para la masificación del Efectivo móvil.

Palabras Clave – TAM, actitud, efectivo móvil.

Abstract — The development of information technologies and user access to mobile telephony is changing the way that banking transactions are made. An initiative that banking institutions have made available to users is the Mobile Cash. However, its mass is determined by a number of factors. This article presents an empirical study of the variables affecting the adoption of Mobile Cash. Technology acceptance models are reviewed and selected and adapts the TAM model including the study variables: Perceived Usefulness, Security and intended use. The results of a customer survey two banks show safety issues as a barrier to the massification of mobile cash.

Keywords – TAM, attitude, mobile cash.

I. INTRODUCCIÓN

Los niveles bajos de inclusión financiera, y la aceleración del avance tecnológico y de la utilidad de celulares o Smartphone, han permitido que se desarrollen diversas formas de negocio electrónico. Identificar como aumentar la penetración bancaria en el Perú es importante en términos económicos, ya que su gran impacto en temas de inversión, consumo y crecimiento económico es muy alto [1] [2]. Actualmente, dos entidades bancarias peruanas han lanzado un servicio para que a través de mensajes de texto se pueda transferir dinero a personas sin contacto con la banca [3]. Este servicio permite a los clientes de dichas entidades transferir

efectivo a cualquier persona, incluso a aquellas personas que no tengan ningún contacto con productos en el sistema financiero. Este servicio se ha denominado Efectivo Móvil. El efectivo móvil es un servicio de la banca móvil, que a pesar de las ventajas que ofrece a los usuarios, su uso no ha sido masificado.

En diversos países se han conducido estudios aplicados a la banca móvil, usando diversos modelos de aceptación. Estos estudios están enfocados en determinar las dimensiones de la aceptación de la banca móvil [4], explorar las barreras, la facilidad de uso y actitud de los consumidores [5], los factores para el crecimiento de la banca móvil [6] o factores que afectan su adopción [7]. El presente estudio, pretende mostrar cuales son los factores que repercuten en la intención del uso del Efectivo Móvil. El problema central del estudio es saber qué factores influyen para que el producto tenga la intención de usarse por parte de los clientes y explicar los más importantes. Para ello se ha revisado la literatura con el objetivo de identificar cuales con los constructos claves, que se debe considerar para la aceptación de una tecnología de características similares. Los constructos identificados son: Estilo de vida Compatible, Riesgo y Seguridad Percibida, Confianza Percibida, Utilidad Percibida, Facilidad de uso, Intención de uso, Actitud hacia el uso [8] [9].

Diversos modelos incluyen dichos constructos por lo que es importante identificar un modelo de aceptación tecnología [10] [11]. En este caso, previo un proceso de selección de un modelo de aceptación, se ha seleccionado el modelo de aceptación Tecnológica (TAM) [12] y aplicado al estudio. En este artículo se revisan los factores como son Riesgos y Seguridad Percibida, Facilidad de Uso y la Intención de Uso del Efectivo Móvil.

Este artículo está organizado en 5 secciones. La primera sección presenta la introducción. La Sección 2 presenta las aplicaciones de banca móvil y los fundamentos teóricos. La Sección 3 presenta la metodología para conducir la investigación. En la Sección 4, se describen los resultados. Finalmente, en la Sección 5 se presentan las conclusiones.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y APLICACIONES DE BANCA MÓVIL

A. Aplicaciones de Banca Móvil

Diversos estudios se han realizado sobre la aceptación de este tipo de tecnologías. En Pakistán realizaron un estudio de la aceptación del marco de la banca móvil con el propósito de analizar las dimensiones de la aceptación de la banca móvil siguiendo un enfoque de intención de adopción de esta misma [4]. En Irán realizaron un estudio de la lealtad de banca móvil con el propósito de explorar las barreras, el papel de la facilidad de uso y los efectos de innovación personal, y las normas subjetivas sobre las actitudes de los consumidores hacia el uso de la banca móvil en Irán [5]. En otro estudio realizado en Kenia, los autores revisaron los factores clave que llevaron al crecimiento de servicios de dinero de Banca Móvil en Kenia [6]. En otro estudio realizado en China sobre los factores que afectan la adopción y el uso de la banca por Internet se concluye que la seguridad es un factor que afecta la adopción de la Banca móvil [7]. Otros factores tales como el riesgo, ordenador, habilidades necesarias para utilizar las nuevas tecnologías y la cultura son factores que inhiben la adopción de Banca móvil en ese país.

B. Efectivo Móvil

Uno de los servicios de la Banca Móvil es el Efectivo Móvil. El Efectivo Móvil es un nuevo servicio que permite enviar dinero en efectivo a personas que no tengan tarjeta de débito o no sean clientes de un banco. Las formas de realizar la transacción son desde un dispositivo móvil y/o página web. El Efectivo Móvil al ser un servicio nuevo en el mercado trae consigo ciertas percepciones de uso del usuario. Los detalles sobre los problemas identificados se representan a continuación (véase Fig. 1).

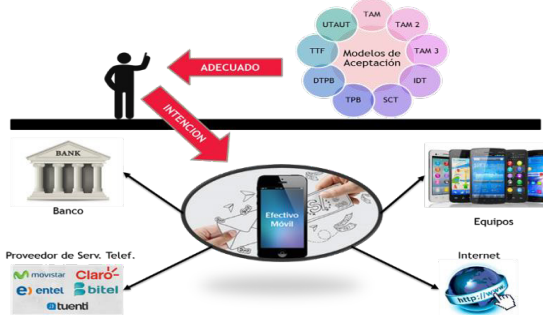


Figura 1. Situación Problemática del Efectivo Móvil

El uso de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para fomentar la inclusión financiera, tiene un efecto sobre el crecimiento económico en los países en vías de desarrollo, por lo cual, la telefonía móvil ha comenzado a figurar como una herramienta clave para la difusión y el crecimiento financiero de las economías latinoamericanas.

C. Modelos de Aceptación Tecnológica

El término "aceptación" en la literatura no tiene una definición única. Davis [13] [14] describe la *aceptación* como la decisión de los usuarios acerca de cómo y cuándo van a utilizar una determinada tecnología. Propone dos factores para determinar la actitud de los individuos respecto a alguna tecnología, dicha actitud es la intención de usarla. Diversas teorías y modelos de aceptación tecnológica han sido planteados por diferentes autores, en los últimos 30 años (véase Tabla I). Entre los modelos más importantes podemos mencionar: Teoría de la acción razonada (TRA), Modelo de aceptación de la tecnología (TAM), Modelo Motivacional (MM), Teoría del comportamiento planeado (TPB), y la Teoría unificada de la aceptación y uso de la tecnología (UTAUT).

TABLA I. MODELOS DE ACEPTACIÓN TECNOLÓGICA Y FACTORES

Modelo	Variables
Teoría de la Acción Razonada (TRA)	Actitud, Norma Subjetiva [15] [16]
Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)	Utilidad, Facilidad de uso, Variables externas [8]
Teoría del Comportamiento Planificado (TPB)	Actitud, Norma Subjetiva, Control [17] [18]
Teoría Unificada de la Aceptación y Uso de la Tecnología (UTAUT)	Expectativas de funcionamiento, Expectativas de esfuerzo, Influencia social, Condiciones facilitadoras [19]

Para identificar y seleccionar el modelo más apropiado a ser usado en la propuesta, se utilizó un método de selección [20] Luego de adaptar el método y desarrollar cada una de las actividades propuestas, el modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) fue seleccionado. TAM ha sido aplicado en numerosos estudios de aceptación tecnológica. Entre ellos podemos mencionar: procesadores de texto, aplicaciones de hoja de cálculo, correo electrónico, navegadores web, sitios web, etcétera.

D. Variables del Modelo de Aceptación de Uso del Efectivo Móvil

Las variables consideradas para el modelo propuesto de aceptación son: facilidad de uso, riesgo y seguridad percibida, intención de uso, facilidad de uso, confianza percibida, estilo de vida compatible y utilidad percibida. A continuación se presenta el modelo planteado a partir del modelo TAM (véase Fig. 2).

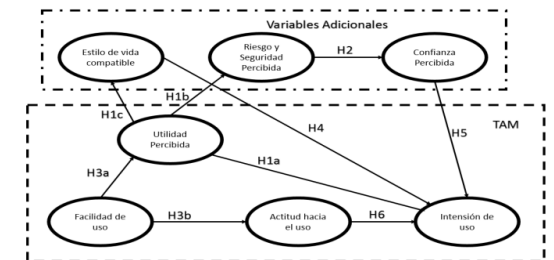


Figura 2. Modelo de la Aceptación planteado a partir de TAM

A continuación una descripción de cada una de estas variables.

1) *Facilidad de uso*: Facilidad de uso se refiere al grado de voluntad del usuario para utilizar el sistema en el que no hace ningún esfuerzo. Estudios consideran el comportamiento del usuario, directo o indirecto a través de la utilidad percibida. Los estudios revelan una relación positiva entre la facilidad de uso y la intención de utilizar la tecnología [21] [22].

2) *Riesgo y seguridad percibida*: Estudios realizados consideran que la seguridad, la privacidad y los riesgos de seguridad afectan a la percepción del cliente de las actividades bancarias, mientras que la facilidad de uso percibida, la seguridad y la privacidad también están identificadas como variables en banca electrónica [23] [24] [25].

3) *Utilidad percibida*: Los estudios de Venkatesh y Davis revelaron que la utilidad percibida y la facilidad de uso tienen efecto directo e indirecto sobre la intención de conducta. Koenig Lewis et al. [26] estudiaron el efecto de la percepción de riesgo en la intención de usar Banca móvil y encontró que existe una relación positiva entre las variables mencionadas [27] [28].

4) *Estilo de vida compatible*: La compatibilidad se define como el grado en que los servicios de Banca Móvil están en línea con el estilo de vida y necesidades de los clientes. Koenig-Lewis et al. estudiaron el efecto de la compatibilidad en la intención de uso y descubrieron que existe una relación positiva significativa entre la compatibilidad y la intención de uso. El alto nivel de compatibilidad de una tecnología con las necesidades y deseos de las personas aumentaría la posibilidad de adopción [29] [30] [31].

5) *Confianza percibida*: La confianza y el riesgo son conceptos relacionados y se han identificado como las principales barreras en la adopción de servicios móviles. Koenig-Lewis et al. concluyeron que no existe una relación directa entre la confianza y la intención de uso del banco móvil; sino de forma, indirecta [32] [33].

6) *Actitud hacia el Uso*: La actitud de los clientes es un factor que afecta su comportamiento en la aceptación o rechazo de la tecnología. Asimismo diversos autores demuestran que la intención del comportamiento de una persona es conducida por su actitud hacia el objeto. La actitud es un concepto del comportamiento de los seres humanos [34] [35].

En este artículo se analizan las variables: Facilidad de uso, Riesgo y Seguridad percibida e Intención de uso del Efectivo Móvil.

III. METODOLOGIA

Dado que este estudio plantea la exploración de datos para propuesta de un nuevo modelo integrador capaz de predecir la adopción del Efectivo Móvil, estimando los parámetros de las relaciones a través de una técnica de análisis multivariantes, podemos definir la investigación como de tipo exploratorio. Los datos fueron recolectados a partir de encuestas personales. En el presente estudio la unidad de análisis se basará en los clientes de dos entidades bancarias que serán denominadas B1 y B2. En la Tabla II se presenta los datos de las entidades bancarias. El instrumento de medida empleado en la investigación se basa en encuestas de carácter cuantitativo basadas en escalas Likert de cinco elementos evaluando las percepciones y actitudes de los usuarios con respecto a los

diferentes factores del modelo, donde el valor inferior (1) se corresponde con "Nunca" y el valor superior (5) con "Siempre". En la medida de lo posible, se ha procurado elaborar los ítems a partir de literatura directamente relacionada con la adopción del Efectivo Móvil. El cuestionario consta de preguntas cerradas. La recopilación de datos para esta investigación fue mediante encuestas en lugares públicos.

TABLA II DATOS GENERALES DE LAS ENTIDADES BANCARIAS

Características	B1	B2
Ubicación	Lima	Lima
Población	4'186,616	1'300,000
Muestra	203 personas	203 personas

Asimismo para la validación de resultados de las encuestas se utilizó el alfa de Cronbach, este instrumento permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de un conjunto de ítems [36]. La fiabilidad de la escala se debe de obtener de los datos de cada muestra las cuales mostrara un valor mayor a 0,7 para garantizar la medida fiable del constructo. (véase Tabla III).

TABLA III FIABILIDAD DE ESCALA DE ALPHA DE CRONBACH

Constructos	Alfa de Cronbach
Riesgo y Seguridad Percibida (RS)	0.669
Intención de uso (IU)	0.779
Facilidad de Uso (FU)	0.694

IV. RESULTADOS

Se ha utilizado veintisiete ítems evaluando las percepciones y actitudes de los clientes sobre el servicio de Efectivo Móvil, donde el valor inferior (1) corresponde a "Nunca" y el valor superior (5) a "Siempre". En la Tabla IV se presenta los resultados del modelo de estimaciones de causalidad - SEM Final, donde todas las cargas factoriales de los ítems son más grandes e igual a 0,70 (Factor Estandarizado Regresión Pesos Carga o $\geq 0,70$) y la media de la varianza extraída (AVE) son mayores que la recomendada 0.50 y el mismo valor.

TABLA IV ESTIMACIÓN DEL MODELO A MEDIDA SEM FINAL

Constructos	Variables Observadas	SEM final		
		Factor Loading *	Loading Squared	AVE
Riesgo y Seguridad Percibida (RS)	RS1	-	-	0,5
	RS2	0,8	0,7	
	RS3	0,6	0,3	
Intención de uso (IU)	IU1	0,8	0,6	0,6
	IU2	0,8	0,7	
	IU3	0,6	0,4	
Facilidad de Uso (FU)	FU1	0,9	0,8	0,5
	FU2	0,7	0,5	
	FU3	0,6	0,3	

En este artículo se hace un análisis descriptivo de tres constructos con mayor influencia en la intención de uso del efectivo móvil: Facilidad de uso, Riesgo y seguridad percibida e Intención de uso.

A. Facilidad de uso

El 13% de los encuestados considera que le resultaría fácil identificar las opciones del aplicativo del Efectivo móvil, el 36% muchas veces y el 32% casi siempre. Un 10% de los encuestados no están muy convencidos y el 9% no les resultaría fácil usar esta tecnología (véase Fig. 3).

Pregunta: Me resultaría fácil identificar las opciones del aplicativo del Efectivo Móvil

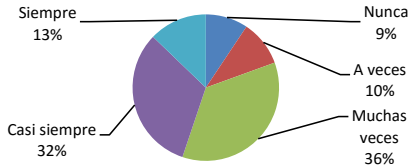


Figura 3. Resultaría fácil identificar las opciones del Efectivo móvil

En cuanto a la facilidad de aprender el aplicativo para hacer transferencias, el 15% considera que es fácil de aprender, el 24% muchas veces y el 36% casi siempre. Un 14% de los encuestados no están convencidos y al 11% no le parece fácil aprender a usar (véase Fig. 4).

Pregunta: Utilizar el aplicativo para hacer transferencias sería fácil de aprender

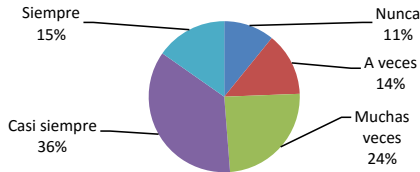


Figura 4. Utilizar aplicativo para hacer transferencia y facil de aprender

El 11% de los encuestados considera que usar el Efectivo móvil para hacer transferencias es fácil, el 30% muchas veces y el 34% casi siempre. Un 14% de los encuestados no están muy convencidos y para el 11% no les es fácil de usar (véase Fig. 5).

Pregunta: Creo que el efectivo movil es facil de usar para realizar transferencias

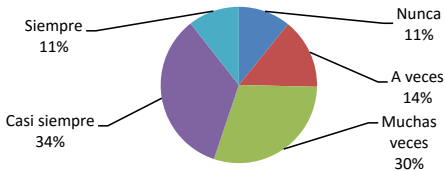


Figura 5. Efectivo Movil es facil de usar para realizar transferencias

De los resultados, podemos concluir que los encuestados en su mayoría perciben, fácil de usar las opciones del aplicativo del Efectivo Móvil. Sin embargo hay aproximadamente 20% de personas que no están convencidas o no perciben fácil de usar.

B. Riesgo y Seguridad percibida:

El 7% de los encuestados considera que no es seguro utilizar el Efectivo móvil si no hay autenticación e identidad por parte del receptor del efectivo. El 38% considera que muchas veces y el 36% casi siempre. Un 14% de los encuestados no están muy convencidos y el 7% considera que no es seguro (véase Fig. 6).

Pregunta: Creo que no es seguro utilizar Efectivo Móvil si no hay autenticación e identidad por parte del receptor del efectivo

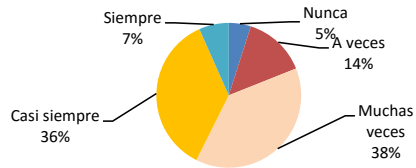


Figura 6. No es seguro de utilizar Efectivo Móvil

Asimismo, el 8% de los encuestados considera que utilizar Efectivo móvil con un equipo celular propio es seguro, el 38% muchas veces y el 42% casi siempre. Un 7% de los encuestados no están muy convencidos y el 5% respondió que nunca (véase Fig. 7)

Pregunta: Siento que al utilizar Efectivo Móvil con mi equipo celular es seguro

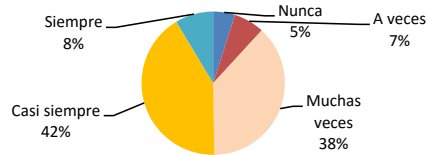


Figura 7. Utilizar Efectivo Móvil con mi equipo celular es seguro

De los resultados, podemos concluir que los encuestados en un 12% no consideran importante el tema de autenticación y que no sienten que utilizar Efectivo Móvil con su equipo celular sea seguro.

C. Intención de Uso

El 5% de los encuestados querían afiliarse su equipo celular para hacer uso del Efectivo móvil, el 21% respondió casi siempre y el 45% respondió muchas veces. El 26% no se encuentra convencido y el 3% respondió nunca afiliaría su equipo celular para usar Efectivo Móvil (véase Fig. 8).

Pregunta: Quisiera afiliarse mi equipo celular para hacer uso del Efectivo Móvil

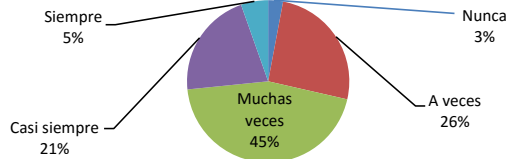


Figura 8. Afiliarse su equipo celular para hacer uso del Efectivo Móvil

El 7% de los encuestados están interesados en usar Efectivo móvil, el 27% respondió casi siempre, el 48% respondió muchas veces. El 15% no se encuentra convencido y

el 3% respondió que no está interesado en usar Efectivo Móvil (véase Fig. 9).

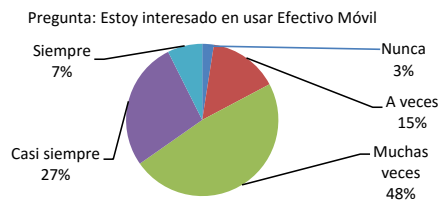


Figura 9. Interés en usar Efectivo Móvil

El 5% de los encuestados están interesados en tener más información sobre el Efectivo móvil, el 55% casi siempre y el 32% respondió muchas veces. El 5% no se encuentra convencido y el 3% respondió no querer tener información (véase Fig. 10).

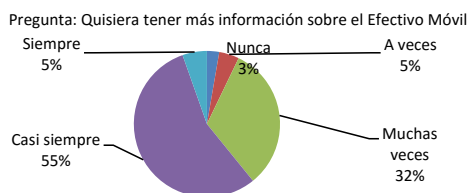


Figura 10. Tener más información sobre Efectivo Móvil

De los resultados, podemos concluir que existe un interés por informarse acerca del Efectivo Móvil. Sin embargo es aún bajo el porcentaje de encuestados dispuestos a afiliarse a su equipo celular.

V. CONCLUSIONES

Este estudio examina los factores que afectan el comportamiento de adopción de los clientes del Efectivo Móvil. Se propone un modelo basado en TAM y se revisa tres factores principales: facilidad de uso, intención de uso y riesgo y seguridad. Para tal fin se diseñó una encuesta aplicada a 406 usuarios de dos bancos. Los resultados obtenidos muestran que en cuanto a facilidad de uso, muchas veces los usuarios les resultan fáciles de identificar las opciones del aplicativo del efectivo móvil, asimismo la mayoría de los encuestados considera que les sería fácil de aprender a utilizar el aplicativo del efectivo móvil y fácil de usar para realizar transferencias. En cuanto a intención de uso se aprecia que los usuarios presentan interés de hacer uso del efectivo móvil desde su equipo celular y se sienten interesados en tener mayor información sobre efectivo móvil. Por otro lado se tiene el problema de percepción de riesgos respecto a la autenticación del receptor del efectivo. Sin embargo consideran que utilizar efectivo móvil con su equipo propio es seguro para realizar la transacción. Este hallazgo se afirma con estudios previos en que el riesgo y la seguridad percibida afectan a la percepción del cliente en las actividades bancarias en general, las actividades de banca electrónica, pago electrónico y el pago en línea.

REFERENCIAS

- [1] Internet World Stats, <http://www.internetworldstats.com/stats.htm>, 2015.
- [2] V. Rodríguez, Dinero electrónico en Perú: ¿Por qué es importante en la inclusión financiera? *Quipukamayoc Revista de la Facultad de Ciencias Contables* 22 (41) pp. 175-192, 2014.
- [3] B. Aires, S. Domingo, Informe Especial Presente y futuro de Internet en América Latina, 2014
- [4] Sahar A., Arshian S., Acceptance of mobile banking framework in Pakistan, *Journal Telematics and Informatics*, 33(2), 2016.
- [5] Hossein M., A study of mobile banking usage in Iran, *International Journal of Bank Marketing*, 33(6) pp. 733-759, 2015.
- [6] Mbiti I., Weil D. Mobile-banking: The Impact of M-Pesa in Kenya, in *African Successes: Modernization and Development*, Volume 3, 2016
- [7] Laforet S., Li X., Consumers' attitudes towards online and mobile banking in China, *International Journal of Bank Marketing*, 23(5) pp.362- 380, 2005
- [8] M. Fishbein; I. Ajzen, Attribution of Responsibility: A Theoretical Note. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1973.
- [9] L. Gentry, R. Calantone, A comparison of three models to explain shopbot use on the Web. *Psychology & Marketing* 19(11) pp. 945-956, 2002.
- [10] A. Herrero Crespo, I. Rodríguez del Bosque, The effect of innovativeness on the adoption of B2C e-commerce: A model based on the Theory of Planned Behaviour. *Computers in Human Behavior*, 24 pp. 2830-2847, 2008.
- [11] McKinsey & Company, Perspectives on Digital Business, 2010.
- [12] F. Davis, Technology Acceptance Model for empirically testing new end-user information systems: theory and results. Ph.D. Doctoral dissertation, Sloan School of Management. Massachusetts Institute of Technology, 1986.
- [13] F. Davis, R. Bagozzi, P. Warshaw, User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models, *Management Science*, *Journal Management Science*, 35(8) pp. 982-1003, 1989.
- [14] V. Ventakesh, G. Morris, F. Davis, User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly* 27(3) pp. 425-478, 2003.
- [15] G. Moore, I. Benbasat, Integrating Diffusion of Innovations and Theory of Reasoned Action Models to Predict Utilization of Information Technology by EndUsers. En K. Kautz and J. Pries-Heje (eds.) *Diffusion and Adoption of Information Technology*, 1996.
- [16] B. Sheppard, J. Hartwick, P. Warshaw, The Theory of Reasoned Action: A Meta-Analysis of Past Research with Recommendations for Modifications and Future Research. *The Journal of Consumer Research*, 1988.
- [17] Y. Shih, K. Fang, The use of a decomposed theory of planned behavior to study Internet banking in Taiwan. *Internet Research*, 14(3) pp. 213-223, 2004.
- [18] S. Taylor, Todd P., Decomposition and cross effects in the theory of planned behavior: A study of consumer adoption intentions. *International Journal of Research in Marketing* 12(2) pp. 137-155, 1995.
- [19] W. Lin, M. Wang, K. Hwang, The combined model of influencing online consumer behavior. *Expert Systems with Applications*, 37 pp. 3236-3247, 2010.
- [20] S. Bayona, J. Calvo-Manzano, G. Cuevas, T. San Feliu (2012). Method for selecting a reference model for software process deployment. *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2012 7th Iberian Conference on, 1-6, 2012.
- [21] A. Bandura, Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2) pp. 191-215, 1977.
- [22] A. Bhattacharjee, Acceptance of e-commerce services: the case of electronic brokerages, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part A. Systems and Humans*, 30(4) pp. 411-420, 2000.
- [23] I. Ajzen, T. Madden, Prediction of goal-directed behavior: Attitudes, intentions, and perceived behavioral control. *Journal of Experimental Social Psychology* 22(5) pp. 453-474, 1986.

- [24] M. Al-Husein, M. Sadi, Preference on the Perception of Mobile Banking : A Saudi Arabian Perspective. *European Online Journal of Natural and Social Sciences* 4(1) pp. 161-172, 2015
- [25] L. Chen, J. Tan, Technology Adaptation in E-commerce: Key Determinants of Virtual Stores Acceptance. *European Management Journal*, 22(1) pp. 74-86, 2004.
- [26] N. Koenig-Lewis, A. Palmer, A. Moll, Predicting young consumers' take up of banca movil services. *International Journal of Bank Marketing* 28 (5), pp. 410–432, 2010.
- [27] I. Ajzen, B. Driver, Prediction of leisure participation from behavioral, normative, and control beliefs: An application of the theory of planned behavior. *Leisure Sciences* 13 pp. 185-204, 1991.
- [28] A. Bandura, Social cognitive theory. En R. Vasta (Ed.), *Annals of ChildDevelopment*, 6. Six theories of child development, 1–60. Greenwich, pp. 1-60, 1989.
- [29] I. Ajzen, M. Fishbein, *Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1980.
- [30] G. Allport, *Attitudes*. Handbook of social psychology. Worcester, Clark University Press, 1935.
- [31] G. Cimadevilla, *Difusión de Innovaciones Ambientales: La teoría ausente*. Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. Río Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto, 1997.
- [32] G. Baptista, T. Oliveira, Understanding mobile banking: The unified theory of acceptance and use of technology combined with cultural moderators, 50 pp. 418-430, 2015.
- [33] P. Chau, P. Hu, Investigating healthcare professionals' decision to accept telemedicine technology: an empirical test of competing theories. *Information & Management*, 39(4) pp. 297-311, 2002
- [34] M. Fishbein, I. Ajzen, Attitude-behavior relations: A theoretical analysis and review of empirical research. *Psychological Bulletin*, 84(5) pp. 888-918, 1977.
- [35] M. Fishbein, I. Ajzen, *Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Addison-Wesley, 1975.
- [36] D. Frias-Navarro, Alfa de Cronbach y consistencia interna de los ítems de un instrumento de medida, 2014.

Innovación en las radiotelevisiones autonómicas de España: retos y estrategias

Innovation in Spanish regional broadcasters: Challenges and strategies

Tania Fernández Lombao

Facultade Ciencias da Comunicación. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela
t.lombao@gmail.com

Pablo Vázquez Sande

Facultade Ciencias da Comunicación. Universidade de Santiago de Compostela. Santiago de Compostela
vazquezsande@gmail.com

Andrea Valencia Bermúdez

Facultade Ciencias da Comunicación. Universidade Santiago de Compostela. Santiago de Compostela
andrea.v.bermudez@gmail.com

Resumen — Las doce radiotelevisiones de servicio público de las Comunidades Autónomas de España se suben al tren de la innovación para fortalecer su misión, crear valor añadido a partir de la inversión pública y ofrecer calidad a audiencias en un escenario que convulsiona ante otra revolución tecnológica que ha puesto patas arriba los modelos de producción y distribución de contenidos audiovisuales a través de la televisión.

Esta investigación tiene como objetivo conocer las estrategias de las doce corporaciones en relación a la producción y distribución de contenidos de servicio público y profundizar en los retos para los próximos años. Todo ello, sin perder de vista las presiones presupuestarias y de legitimidad a las que están sometidas, con más intensidad desde el inicio de la crisis económica, y sobre todo aquellas que no ligan su existencia a la identidad e idioma propios de la Comunidad Autónoma en la que operan.

Los resultados permiten avanzar que los medios de servicio público de las nacionalidades históricas, Galicia, Cataluña y País Vasco, además de Andalucía, están a la cabeza en lo que a innovación se refiere, si bien con retos que ya han sido superados por las radiotelevisiones públicas estatales de la Unión Europea.

Palabras Clave – innovación; medios de servicio público, Comunidades Autónomas.

Abstract — The twelve public local broadcasters from Spain get on the train of innovation to strengthen its mission, create added value from public investment and deliver quality to audiences on a stage convulsing before another technological revolution that has upside down models of production and distribution of audiovisual content via television.

This research aims to know the strategies of the twelve corporations in relation to the production and distribution of

public service content and deepen the challenges for the coming years. All this without losing sight of the budget and legitimacy pressures to which they are subject, with more intensity from the beginning of the economic crisis, and especially those that do not bind their existence to the identity and own language of the autonomous region they operate.

Results obtained show that public local media from Spanish historical nationalities -Galicia, Catalonia and the Basque Country-, together with Andalusia, are at the forefront as far as innovation is concerned, even though the challenges European public media are facing.

Keywords – innovation, public service media, Autonomous Regions.

I. INTRODUCCIÓN

Los medios de comunicación de servicio público tienen como misión satisfacer el pluralismo democrático y la diversidad sociocultural y lingüística de una determinada comunidad, en el contexto de un modelo audiovisual dual que respete las reglas de la competencia y los principios del mercado único europeo.

Pese a vivir la televisión un momento de oro (UER, 2014), en la que el 87 por ciento de los europeos consume este servicio diariamente (C.E., 2013) y en la que se ofrece contenidos a través de más de 9.000 canales a través de numerosas plataformas (OBS, 2014), se cuestiona la competencia universal de los servicios audiovisuales públicos en el nuevo tablero mediático digital.

La situación es especialmente dura para los medios de comunicación de servicio público de las Comunidades

Autónomas de España, que en los años más duros de la crisis económica y financiera han sufrido continuas amenazas relacionadas con su financiación o más rotundamente con su continuidad. A pesar de los obstáculos, la mayoría de las corporaciones han hecho esfuerzos para participar de los procesos de innovación y reforzar así la producción y distribución de contenidos, con el fin de afianzar su misión de servicio público.

El objetivo de esta investigación es constatar si las radiotelevisiónes autonómicas de España muestran voluntad de continuidad y de futuro como referentes de comunicación a un alto nivel en aras de competir en igualdad de condiciones con el resto de entes que operan en sus territorios. Con el fin de conocer el grado de implicación, se analizarán las novedades tecnológicas introducidas por cada una de ellas en los últimos años en lo referido a contenidos y servicios ofrecidos.

II. INNOVACIÓN AUDIOVISUAL

A. Innovación y servicio público

La innovación en los medios de comunicación se define como el nuevo producto o servicio con prestaciones más limitadas y menores márgenes iniciales que puede abrir nuevos mercados y arrebatar el liderazgo al actor dominante. Los medios de comunicación de servicio público defienden que los valores y objetivos asociados a ellos han adquirido una dimensión más significativa en el nuevo escenario, con los objetivos de garantizar la independencia editorial frente a la concentración económica e industrial y proporcionar al público una oferta diversificada como alternativa para la homogeneización de las parrillas de programación.

Las nuevas plataformas de distribución y consumo de televisión son muestra del cambio de paradigma desde los servicios públicos de radiodifusión hacia los medios de servicio público, término acuñado en 1996 por Paul Zazzera. En cuanto estos servicios ofrecen contenidos a través de plataformas digitales, se suprime el término de radiodifusión hacia una concepción global que incluye a todos los medios de servicio público, con plataformas que van más allá de la radio y la televisión (Nissen, 2006).

La provisión y gestión de servicios por parte de los medios audiovisuales públicos se considera un “imperativo ético” cuando se asocia a los derechos y libertades fundamentales (Splichal, 2006). Caffarel (2005) añade que un medio público calidad ha de basarse en unos vectores que se resumen en: vocación europeísta con una estructura multicanal, ser considerado como un servicio esencial de nuestras sociedades, y competir, en el sentido de concurrir con sus contenidos sin renunciar a su vocación mayoritaria. Las oportunidades de digitalización implican un valor añadido potencial para el servicio público y un mejor cumplimiento de su mandato (Suárez Candel, 2010).

Asimismo, el servicio público de radiodifusión también puede aprovechar el nuevo tablero para definir patrones de alta calidad para la producción de contenidos, defender el status quo de reglas y normas periodísticas y para garantizar el mantenimiento del pluralismo y representatividad social. Las nuevas posibilidades que la tecnología digital implica, en conjunto con las sinergias que un sistema de distribución

multiplataforma puede generar, son vistos como una oportunidad para mejorar el servicio público y alcanzar un mejor cumplimiento de su mandato (Suárez Candel, 2010).

Con la voluntad de justificar el modo en que una oferta de contenidos o servicios da respuesta a estos objetivos incluidos en la definición de servicio público, se ha normalizado la experiencia de determinar el valor público de la oferta, a través de las pruebas de evaluación previa o ex ante test (Donders y Raats, 2012), en las que se evalúan conceptos como proporcionalidad, financiación e impacto en el mercado. Con estas claves se han iniciado procesos de redefinición del servicio público de radiodifusión en Europa.

Además de la redefinición de sus atribuciones, la configuración de un contexto de medios multiplataforma, en conjunto con la extensión de sus actividades ha forzado a los operados públicos a adaptar su estructura interna y las lógicas operativas (Alm y Lowe, 2003; Lowe, 2009).

Los gerentes del servicio público de radiodifusión deben tomar conciencia y tener buen conocimiento de los procesos de transformación en curso y sus implicaciones. Adicionalmente, la estructura multiplataforma y cross-media debe orientarse al público y a las negociaciones de derechos y la interacción con los actores políticos y de mercado deben conducir hacia nuevos esfuerzos y planes de acción (Nissen, 2006).

La adaptación de los servicios públicos de radiodifusión en la Unión Europea debe pasar por los siguientes tramos (Suárez Candel, 2012): a) redefinición del servicio público; b) mejorar la comunicación del servicio público; c) responsabilidad; d) reestructuración interna y adaptación de los procedimientos de trabajo y rutinas profesionales; e) cultura de gestión más amplia, profunda y actualizada sobre innovación técnica, tendencias de mercado, oportunidades de producción y patrones de consumo; f) adaptación técnica y tecnológica; g) financiación; h) aumento de la oferta; i) implantación de la alta definición y la televisión 3D para la mejora de la tecnología de la imagen.

B. Innovación y legislación

El Consejo de Europa señala la necesidad de que los medios de comunicación audiovisuales de servicio público estén en el escenario de las nuevas plataformas:

“Los Estados tienen la obligación de garantizar en su jurisdicción el derecho a la libertad de expresión y el derecho a la libertad de reunión y asociación, según lo dispuesto en los artículos 10 y 11 del Convenio Europeo de Derechos Humanos, que debe aplicarse de igual forma a Internet” (C.E., 2015).

Sobre Internet, recomienda que los Estados miembros “promuevan y protejan el libre y transfronterizo flujo de información, teniendo debidamente en cuenta los principios de esta recomendación, especialmente para asegurar que estos principios estarán reflejados en los marcos regulatorios o en las políticas que se lleven a cabo” (C.E., 2015).

A partir de los principios del Protocolo de Ámsterdam, advierte de que los medios de servicio público reforzarán su misión si ofrecen contenidos y servicios en el escenario digital,

con el desarrollo y diversificación de actividades en la era digital.

En este marco, aparecen nuevas críticas por parte de las operadoras privadas y la innovación ocupa una posición de salida. Si los medios de servicio público no son quien de adaptarse a las necesidades y demandas del público, perderá el apoyo social y su propia legitimidad (Nissen, 2006; Trappel, 2008). El debate sobre la adaptación de las radiotelevisiónes públicas al nuevo espacio mediático alcanza distintos grados de intensidad en cada país. El nivel de conflicto depende de (Suárez Candel, 2012): a) estatuto jurídico-social y relevancia de las instituciones de servicio público; b) tamaño, peso y relevancia de operadores de servicio público y sus actividades en el mercado estatal; c) nivel de expansión de la multiplataforma en los operadores de servicio público en comparación con los operadores privados; d) dimensiones e influencia de los *lobbies* comerciales; e) coyuntura del mercado estatal; f) tradición jurídica y nivel de detalle de la regulación de los medios; g) institucionalización y desarrollo de la responsabilidad de los medios.

III. METODOLOGÍA

La pregunta de esta investigación es que las radiotelevisiónes de servicio público de las Comunidades Autónomas de España están incorporando innovaciones en sus modelos de producción y distribución de contenidos audiovisuales para afianzar su posición en el mercado de audiencias de los espacios territoriales en los que operan y profundizar en la misión de servicio público a través de las oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías.

El análisis afecta a doce entes de radiotelevisión de servicio público, es decir, las doce que forman parte de la Federación de Organismos de Radio y Televisión Autonómicos (Forta): Radiotelevisión de Andalucía, Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals, Radio Televisión de Madrid, Corporación Radio e Televisión de Galicia, Euskal Irrati Telebista, Radio Televisión Canaria, Radio Televisión de Castilla la Mancha, Radio Televisión de la Región de Murcia, Corporación Aragonesa de Radio y Televisión, Radiotelevisión del Principado de Asturias y la Radiotelevisión de les Illes Balears. También se incluye el estudio de Canal Extremadura.

La metodología utilizada es de tipo cualitativo en tanto que tiene por finalidad revelar las implementaciones de las corporaciones desde dos perspectivas de la innovación: los contenidos y los servicios de distribución. Para desarrollar un estudio comparado de las doce radiotelevisiónes, se ha trabajado con dos fichas de análisis. En lo que respecta a la primera, se establecen cuatro indicadores: laboratorios de ideas, estrategias transmedia, producción de los contenidos, redes sociales y contenidos personalizados. La segunda vertiente, sobre servicios, analiza indaga en seis aspectos: segunda pantalla, botón rojo, HbbTV, plató virtual, apps y *player*.

El instrumento utilizado para obtener la información que se utiliza en esta investigación es el análisis de contenido de los documentos publicados por las radiotelevisiónes autonómicas en sus páginas web, en concreto en las secciones de innovación y desarrollo. En consecuencia, se trata de datos ofrecidos por las propias corporaciones analizadas.

Para la codificación de datos, se estructura la información en dos bloques. Con respecto a la innovación en contenidos se analizan cinco elementos: 1) Lab, o laboratorios de ideas para la creación de nuevos productos audiovisuales; 2) estrategia transmedia, referida a la diseminación de los elementos sustanciales de una ficción narrativa en diversos canales para propiciar una experiencia de entretenimiento unificada; 3) producción de contenidos, sobre nuevos modelos de transmisión y producción vía internet; 4) presencia y uso de redes sociales; 5) contenidos personalizados, en relación a la oportunidad de crear un perfil propio en la página web corporativa.

En lo que respecta a la innovación en servicios, se presta atención a seis puntos: 1) segunda pantalla, sobre fórmulas para propiciar el uso del teléfono móvil y la tablet mientras el usuario ve televisión; 2) botón rojo, acerca de la conexión de la televisión a internet; 3) HbbTV o televisión bajo demanda interactiva; 4) plató virtual o uso de estudios diseñados por ordenadores; 5) desarrollo de aplicaciones móviles; 6) *player* o servicio a la carta.

IV. RESULTADOS

Las doce radiotelevisiónes de servicio público autonómicas están inmersas en un proceso de adaptación al nuevo escenario con la implementación de innovaciones que están siendo desarrolladas de forma exitosa en las corporaciones públicas de carácter estatal. No obstante, es preciso señalar que se presentan notables diferencias en la longitud de los caminos andados por cada una de ellas.

A. Innovación en contenidos

En lo que respecta al primer campo de análisis, el de la innovación en contenidos, las corporaciones más destacadas son las que operan en los territorios de las nacionalidades históricas, es decir CRTVG de Galicia, CCMA de Cataluña y EITB del País Vasco, seguidas por la RTVA de Andalucía, tal y como se constata en la siguiente tabla.

TABLA I. INNOVACIÓN EN CONTENIDOS

INNOVACIÓN EN CONTENIDOS						
CC.AA.	TVA	Lab	Estrategia transmedia	Producción de contenidos	Redes sociales	Contenidos personalizados
Galicia	CRTVG	✓	✓	✓	✓	✓
Asturias	RTPA	X	X	X	✓	X
País Vasco	EITB	X	✓	✓	✓	✓
Aragón	CARTV	X	X	X	✓	X
Cataluña	CCMA	✓	✓	✓	✓	✓
Baleares	IB3	✓	X	X	✓	X
Canarias	RTVC	X	X	X	✓	✓
Madrid	Telemadrid	X	X	X	✓	✓
Castilla la Mancha	RTVCM	X	X	X	✓	X
Andalucía	RTVA	X	✓	✓	✓	X
Murcia	RTRM	X	X	X	✓	✓
Extremadura	Canal Extremadura	X	X	X	✓	X

Fuente: Elaboración propia, 2016

La CRTVG de Galicia creó en 2012 el Labovisión de Galicia, un laboratorio de innovación audiovisual para

colaborar con emprendedores digitales gallegos. Se trata de una plataforma de cooperación que sirve de escaparate y de banco de pruebas para el estudio de nuevos medios y formatos. El primero de los proyectos desarrollados estuvo relacionado con la televisión aumentada a través de dispositivos que ejercen de segunda pantalla. La IB3 informa en su página web de un laboratorio para la recogida de ideas externas con una doble vertiente: la corporación presenta sus demandas para la producción de programas y recoge proyectos propuestos directamente por otras empresas. También la CCMA funciona a través de un modelo basado sobre todo en la colaboración de la corporación con las universidades catalanas con el objetivo de hacer emerger y potenciar el talento creador de estudiantes. La RTRM de Murcia también hace llamada de propuestas, pero no lo gestiona al modo de un laboratorio de innovación.

En lo que respecta a las narrativas transmedia, solo las corporaciones de Galicia, País Vasco, Cataluña y Andalucía han implementado innovaciones. La EITB vasca está inmersa en ello y trabaja en varios proyectos, como el de investigación transmedia sobre Emusik, el Festival Europeo de Escuelas de Música y las series televisivas DHB y Goenkale. La CRTVG lanzó en diciembre de 2014 vivea.gal, una iniciativa que se define a sí misma como un servicio público que pretende ayudar a todos los protagonistas del ocio y de la cultura del país a difundir su oferta de conciertos, teatro, exposiciones, ferias y espectáculos entre la ciudadanía. Además, ha incorporado nuevas narrativas transmedia a la plataforma web del programa Alalá y experimentó en series como Matalobos. En los casos catalán y andaluz se identifican elementos transmedia en series de ficción, como La Riera y Polseres Vermelles en la TV3 y Arrayán y Flamán en Canal Sur.

Son estas mismas cuatro corporaciones las que a día de hoy están asumiendo nuevos modelos de producción de contenidos, como mochilas para transmisión a través de telefonía móvil con 3G, 4G y wifi. Además, en el caso gallego también se está empezando a ensayar el uso de drones para grabar imágenes de apoyo a las conexiones en directo de los servicios informativos.

En lo que se refiere al cuarto indicador, el de las redes sociales, se constata uniformidad absoluta. Las doce corporaciones cuentan con perfiles, cuyos usos se centran en difundir sus noticias y sus parrillas de programación, generar conversación mediática e interactuar con las audiencias digitales. Todos los medios de servicio público analizados distribuyen a través de cuentas en Facebook y Twitter y algunas de ellas también se han sumado a Instagram, como CARTV de Aragón y IB3 de las Baleares, LinkedIn, como Telemadrid y RTVCM de Castilla la Mancha, o Google +, como RTVA de Andalucía.

Esta primera parte del estudio, referida a la innovación en la producción, hace referencia a los contenidos especializados. Para ello, se ha procedido a comprobar si las corporaciones permiten al usuario registrarse para crear un perfil propio con sus intereses o si, por otro lado, puede acceder a aquellos contenidos que más le interesan a través de su suscripción a un servicio de *newsletter*. En este apartado, son seis las corporaciones que presentan la posibilidad de personalizar la distribución online de sus contenidos: CRTVG de Galicia, EITB del País Vasco, CCMA de Cataluña, RTVC de Canarias,

Telemadrid de Madrid y RTRM de Murcia. En todos los casos se presenta un espacio personal para el usuario, excepto en el vasco, que se compensa con la publicación de *newsletters*.

B. Innovación en servicios

El segundo bloque de la investigación, referido a la innovación en los servicios ofrecidos a la audiencia, sitúa como corporación más innovadora a la CRTVG de Galicia, seguida de EITB del País Vasco, CCMA de Cataluña, IB3 de Baleares, Telemadrid de Madrid y RTVA de Andalucía, como se constata en la siguiente tabla.

TABLA II. INNOVACIÓN EN SERVICIOS

INNOVACIÓN EN SERVICIOS							
CC.AA.	TVA	Segunda pantalla	Botón Rojo	HbbTV	Plató virtual	App	Player
Galicia	CRTVG	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Asturias	RTPA	X	X	X	X	✓	X
País Vasco	EITB	X	✓	✓	✓	✓	✓
Aragón	CARTV	X	X	X	✓	✓	✓
Cataluña	CCMA	X	✓	✓	✓	✓	✓
Baleares	IB3	X	✓	✓	✓	✓	✓
Canarias	RTVC	X	✓	✓	X	✓	X
Madrid	Telemadrid	X	✓	✓	✓	✓	✓
Castilla la Mancha	RTVCM	X	X	X	X	✓	X
Andalucía	RTVA	X	✓	✓	✓	✓	✓
Murcia	RTRM	X	✓	✓	X	✓	✓
Extremadura	Canal Extremadura	X	X	X	X	✓	✓

Fuente: *Elaboración propia, 2016*

La CRTVG es la radiotelevisión de servicio público de las doce analizadas que presenta innovaciones en los seis indicadores propuestos. En primer lugar, se trata del único ente que hace mención en su página web la segunda pantalla o realidad aumentada a través de Mash TV. Se trata de una aplicación que permite visionar programas al tiempo que ofrece información sobre el contenido –argumentos, protagonistas, fotos, biografías- y acceder a contenidos extra e información contextualizada. Asimismo, anima a compartir en redes sociales las opiniones sobre los programas, chatear con amistades en espacios exclusivos y observar los programas que están viendo los amigos. Mash TV sincroniza el ordenador, el smartphone y la tablet con lo que se visiona para crear una televisión interactiva.

El segundo elemento de análisis es el botón rojo, innovación de conexión del aparato de televisión a Internet por medio de un cable o una red wifi para acceder a los programas, información y deportes que la corporación pone a disposición de los usuarios en la red, tanto en su página web como en los servicios a la carta. Para ello, simplemente se ha de pulsar el botón rojo del mando a distancia, una vez conectada la televisión a Internet. Las radiotelevisiónes que están desarrollando esta funcionalidad son CRTVG, EITB, CCMA, IB3, RTVC, Telemadrid, RTVA y RTRM.

El botón rojo está estrechamente relacionado con la HbbTV, es decir, la televisión conectada, una iniciativa de la industria y de promoción para la televisión digital para armonizar la emisión IPTV, banda ancha y la entrega de entretenimiento para el consumidor a través de aparatos inteligentes. Este estándar pone en marcha la televisión interactiva en tanto que los usuarios podrán acceder a servicios como: recuperación de programas de televisión (vídeo bajo demanda), publicidad interactiva, información personalizada en el televisor, votaciones, juegos, aplicaciones interactivas, navegación web, redes sociales y servicios como teletexto y guía electrónica de programación. En el caso de las radiotelevisiónes autonómicas, son las mismas que han desarrollado el botón rojo las que se han apuntado a la televisión híbrida.

El plató virtual de televisión es un estudio que combina personas y objetos reales con entornos y objetos generados por un ordenador en tiempo real. La mezcla de estos dos mundos debe producirse de forma coherente y, para ello, debe aparentar realista y el seguimiento de la posición y orientación de elementos reales como cámaras, objetos y personas, de forma que sus acciones en el mundo real tengan una consecuencia no virtual. No obstante, hay que reconocer que a día de hoy los sistemas utilizados en los platós virtuales de televisión son costosos y poco flexibles para afrontar diferentes tareas. Algunos de los errores más comunes son la iluminación no realista y la ausencia de sombras.

Pese a las dificultades y los costes asociados a esta innovación en el servicio público de radiotelevisión, más de la mitad de las corporaciones analizadas están experimentando con él. La CRTVG ya lo ha probado fuera de sus instalaciones, concretamente en la sala Ángel Valente en el Festival de Cine Internacional de Ourense de 2015. En el caso vasco, hace más de diez años EITB anunció la puesta en marcha de un plató de programas con decorados virtuales y tecnología digital para multiplicar la capacidad de interconexión a través de la fibra óptica. También algo más de una década atrás, Canal Sur instaló en 2003 un plató virtual en el Salón Internacional de Fútbol en IFEMA de Madrid. En todo caso, se trata de experiencias lejos de los niveles de innovación de los últimos años, al igual que sucede con las implementaciones de IB3 y CARTV en este sentido.

En 2014 la CCMA de Cataluña hizo una notable apuesta por los espacios virtuales y la realidad aumentada, con la instalación de siete cámaras de estudio y noventa y seis sensores con infrarrojos en el estudio de informativos. La propia corporación aseguró en ese momento que se trataba de uno de los mayores platós virtuales del mundo.

En el apartado de las aplicaciones móviles se constata que todas las corporaciones, sin excepciones, han entendido la importancia de ofrecer sus contenidos a través de teléfonos móviles y tabletas. Sería impensable a día de hoy que un medio de servicio público estuviese ausente en el mapa de aplicaciones. Las diferencias entre ellas residen en las funcionalidades que cada una ha incorporado a los servicios ofrecidos a las audiencias.

Destaca el caso de la corporación catalana porque utiliza una estrategia de diferenciación con respecto al resto de entes

analizados. La CCMA traslada a las audiencias sus cadenas de forma independiente, es decir, existe una aplicación propia para TV3, otra para 3/24 y otra para Esport3, mientras que las demás aglutinan los contenidos de todos sus canales en una misma aplicación móvil.

Por último, la investigación ha permitido comprobar que tres de las doce radiotelevisiónes de servicio público analizadas no cuentan con *player* o plataforma web con contenidos a la carta: RTPA de Asturias, RTVC de Canarias y RTVCM de Castilla la Mancha.

El *player* de CRTVG permite la recuperación de programas completos pero también el visionado de fragmentos de relevancia, como actuaciones musicales o entrevistas que formaban parte de contenedores más amplios. La plataforma incluso experimenta con fórmulas de participación con los usuarios a través de un concurso sobre el tiempo meteorológico. También la TV3 de la CCMA de Cataluña permite el acceso a contenidos completos o fraccionados, mientras que el servicio de EITB incluso ofrece galerías multimedia de fotos, vídeos y audios. Con respecto a Canal Sur, llama la atención que en secciones como Deportes apenas hace uso de vídeos, pese a tratarse de un servicio a la carta audiovisual.

Por su parte, la RTRM de Murcia solo posibilita recuperar los informativos y los apartados de programas están sin actualizar desde 2015. IB3 de Baleares y CARTV de Aragón solo presentan sus programas completos, sin espacios en los que destacar fragmentos de especial relevancia. El *player* de Telemadrid es muy poco visual y operativo en tanto que funciona a través de un buscador.

Es preciso añadir que la RTPA de Asturias ofrece un servicio A la Carta, pero rudimental en comparación con los de las demás corporaciones, en tanto que no responde a los parámetros actuales. La plataforma, que está albergada en la propia página web, identifica los programas y pone a disposición todos los vídeos, sin ningún otro servicio adicional.

V. CONCLUSIONES

Esta investigación ha servido para constatar que pese a la buena voluntad de las radiotelevisiónes de servicio público de las Comunidades Autónomas de España con respecto a la innovación, el camino por andar es todavía muy largo. En un contexto en el que la televisión refuerza su hegemonía, pero asumiendo que el consumo dejará de ser simultáneamente masivo, se detecta un mayor impulso por parte de las corporaciones de los territorios de Galicia, País Vasco, Cataluña y Andalucía, si bien con obstáculos que todavía deben salvar para situarse en buena posición en la lucha por las audiencias sin perder de vista su misión de servicio público. Solo de ese modo podrán salvar los debates sobre su legitimidad que están asegurados para los próximos años en el contexto de la Unión Europea.

Desde el punto de vista de los contenidos, está abierta la opción de apostar por los laboratorios, como alternativa dinamizadora para conectar e integrar la innovación externa, al tiempo que se profundiza en otras vías como la colaboración con organizaciones del sector audiovisual.

Es previsible la incorporación de estrategias de narrativas transmedia y el uso de nuevos sistemas de producción y distribución basados en la telefonía móvil. Esto, no obstante, será costoso y precisará de la formación de las plantillas de las corporaciones, que deberán adaptarse a nuevas fórmulas de trabajo.

Las redes sociales han sido asumidas por todas las corporaciones, seguramente por la ausencia de costes y las facilidades para tener presencia en ellas. En todo caso, se precisará de una apuesta decidida por formatos de interacción que impliquen verdaderamente a los públicos. En esta misma línea, se encuentra la posibilidad de ofrecer contenidos personalizados a las audiencias. Las parrillas de programación estáticas están dejando paso a espacios en los que los usuarios piden exactamente lo que desean, dejando a un lado todo aquello que no les interesa. Llama la atención que la mitad de las radiotelevisión analizadas todavía no ofrezcan este tipo de servicios.

En lo que se refiere a la innovación en servicios, se percibe un mejor posicionamiento por parte de la mayoría de corporaciones, aunque indudablemente algunas se quedan atrás, como la CTVM de Castilla la Mancha, RTPA de Asturias y Canal Extremadura.

La segunda pantalla es todavía un espejismo para la radiotelevisión autonómica, salvo la incipiente excepción de la CRTVG de Galicia. La televisión aumentada es ya el presente y así está siendo entendido por las principales corporaciones europeas, si bien los elevados costes en investigación pueden provocar retrasos en su implementación en los casos analizados.

En el extremo opuesto se encuentra la tecnología de la televisión conectada que, pese a no estar presente en todos los casos, sí que se erige como una innovación prácticamente generalizada. La combinación de la televisión convencional con la entrega de información adicional en tiempo real gracias a las conexiones a Internet es algo que empieza a reclamar el público. Debería notarse que España, con Alemania y Francia, son los estados europeos que lideran el desarrollo de servicios conectados e interactivos en lo que se refiere a televisión híbrida. En el caso de los servicios de distribución, todas las radiotelevisión han desarrollado aplicaciones móviles y la mayor parte cuenta con plataformas a la carta.

Como consecuencia de esta investigación, se detectan las siguientes oportunidades para los medios de servicio público de España:

1. Alcanzar una definición más amplia del servicio y su competencia para obtener más autonomía y legitimidad, además de crear mejores condiciones operacionales para el cumplimiento de la misión (Suárez Candel, 2012).

2. Implementación de innovaciones en la producción de contenidos y servicios que agilicen el trabajo e incrementen su calidad.

3. Reestructuración de las rutinas profesionales y los equipos de trabajo.

4. Inversión en renovación tecnológica.

6. Afianzamiento o puesta en marcha, según el caso, de fórmulas innovadoras de servicios audiovisuales, como segunda pantalla, botón rojo, HbbTV, aplicaciones y players.

7. Impulso de la personalización de contenidos. El usuario ya es activo y quiere acceder solo a los productos y servicios que son de su interés.

8. Uso de las redes sociales como ejes de comunicación con la audiencia.

9. El teléfono móvil es ya el principal soporte de acceso a información. Desarrollo de contenidos propios o adaptados a esta herramienta.

10. Presentar contenidos e innovación tecnológica disponible para la ciudadanía – democratización del acceso (Suárez Candel, 2012).

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este trabajo forman parte del proyecto de investigación de I+D CSO2015-66543-P del Programa estatal de Fomento de la Investigación Científica y Técnica de Excelencia, subprograma estatal de Generación de Conocimiento del Ministerio de Economía y Competitividad de España sobre “Indicadores de gobernanza, financiación, rendición de cuentas, innovación, calidad y servicio público de las RTV europeas aplicables a España en el contexto digital” y del Programa Prometeo de la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT) de Ecuador, desarrollado en las Universidades Técnica Particular de Loja (UTPL) y Pontificia Universidad Católica de Ibarra (PUCESI). Los investigadores que firman este trabajo forman parte también de la Red Internacional de Investigación de Gestión de la Comunicación, desarrollado en las Universidades Técnica Particular de Loja (UTPL) y Pontificia Universidad Católica de Ibarra (PUCESI), coordinado por el Dr. Francisco Campos Freire.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Alm y G. Ferrel Lowe, “Outsourcing core competencies?, en *Broadcasting & Convergence: New Articulations of the public service*, G. Ferrel Lowe y T. Hujanen, Eds. Göteborg: Nodicom, 2003, pp.223-235.
- [2] C. Nissen, “Public Service Media in the Information Society”, Group of Specialists on Public Service Broadcasting in the Information Society (MC-S-PSB), Estrasburgo: Consejo de Europa, 2006.
- [3] Comité de Ministros, Recomendación Rec (2015) 6 del 1 de abril de 2015 sobre el flujo libre y transfronterizo flujo de información en Internet, principio 1.1., 2015.
- [4] K. Doonders y T. Raats, “Measuring Public Value with the Public Value Test: best or worst practice?”, *Geographic Data and the Law. Defining New Changes*, K. Janssen y J. Comprovoets, Eds. Leuven: Leuven University Press, 2012.
- [5] Observatoire Européen de l’audiovisuel, Annual Report, Strasburgo: OBS, 2014.
- [6] R. Suárez Candel, “Adapting Public Service to the Multiplatform Scenario: challenges, opportunities and risks”, Working Papers of the Hans Bredow Institute, Hamburgo: Hans Bredow Institute for Media Research, 2012.
- [7] R. Suárez Candel, “Digitalizing terrestrial broadcasting: public policy and public service issues”, *Communication, Politics & Cultura*, 43(2), pp. 99-117, 2010.
- [8] Unión Europea de Radiodifusión, Vision 2020 Involve, Inspire and Innovate, Ginebra: EBU, 2014.

Factores de Influência determinantes para a Maturidade dos SI Hospitalares

Main Influence Factors for Maturity of Hospital Information Systems

João Vidal Carvalho
Instituto Politécnico do Porto/ISCAP
S. Mamede de Infesta, Portugal
cajvidal@iscap.ipp.pt

Álvaro Rocha
Universidade de Coimbra
Coimbra, Portugal
amrocha@dei.uc.pt

António Abreu
Instituto Politécnico do Porto/ISCAP
S. Mamede de Infesta, Portugal
aabreu@iscap.ipp.pt

Resumo - Os modelos de maturidade são instrumentos facilitadores da gestão das organizações, incluindo a gestão da sua função sistemas de informação (SI), não sendo exceção as organizações hospitalares. Neste artigo, apresenta-se um estudo efetuado junto de um conjunto de especialistas da área da Gestão dos Sistemas de Informação Hospitalares (SIH) no sentido de identificar os principais fatores de influência que deverão estar presentes num abrangente modelo de maturidade para a gestão dos SIH. O desenvolvimento deste modelo decorre no âmbito de um projeto de doutoramento e justifica-se porque os modelos de maturidade atuais no domínio da gestão dos SIH ainda se encontram numa fase embrionária de desenvolvimento, sobretudo porque são pouco detalhados, não disponibilizam ferramentas para determinação da maturidade e não apresentam as características dos estágios de maturidade estruturadas por diferentes fatores de influência.

Palavras Chave - *Estágios de Crescimento, Modelos de Maturidade, Sistemas de Informação Hospitalares, Gestão.*

Abstract - The maturity models are facilitating instruments of organizational management, including the management of information systems (IS) function, not being exception hospital organizations. This article presents a study conducted with a group of experts from the field of the Hospital Information Systems (HIS) to identify the main influence factors that should be present in a comprehensive maturity model for the management of HIS. The development of this model takes place within a doctoral project and is justified to the extent that current maturity models in the field of HIS management are still in an early development stage, and especially because they are poorly detailed, do not provide tools to determine the maturity stage nor structure the characteristics of maturity stages according to different influencing factors.

Keywords - *Stages of Growth, Maturity Models, Hospital Information Systems, Management.*

I. INTRODUÇÃO

As instituições de saúde em sintonia com organizações governamentais, começam a perceber que as razões associadas a uma certa incapacidade de gerir adequadamente os processos

de saúde estão diretamente relacionadas com as limitações das infraestruturas tecnológicas e com a falta de eficiência da sua gestão [1, 2]. Os gestores dos SIH, normalmente olham para os erros cometidos nestas organizações e interrogam-se sobre o que deviam ter feito para os evitar. Constatam-se que esses erros são, normalmente, sintomas naturais do crescimento e amadurecimento das organizações, e são muitas vezes resultado do desenvolvimento que trouxe a organização para a sua atual maturidade [3]. Este fenómeno de mudanças que uma organização experimenta, desde o seu começo até à sua maturidade, enquadra-se perfeitamente nos princípios da teoria de estágios de crescimento e no contexto atual associado aos SI das organizações da área da saúde.

Com base neste pressuposto que realça a importância dos Modelos de Maturidade na área dos SIH, está a ser desenvolvido um projeto de doutoramento cujo objetivo é conceber um modelo de maturidade especialmente adaptado às necessidades da Gestão dos Sistemas de Informação Hospitalares. Para desenvolver este novo modelo, foi realizada inicialmente uma revisão sistemática de literatura que visava identificar os principais modelos existentes nesta área. Como resultado dessa revisão, foram identificados 14 Modelos de Maturidade da área da saúde. Verificou-se que, os diferentes modelos identificados tanto têm um caráter mais específico representando um subsistema da área da saúde, como têm um caráter mais abrangente, ou seja, modelos que representam os SIH como um todo [4]. De referir também que, nem todos os modelos de maturidade identificados que adotam várias dimensões ou fatores de influência, apresentam de forma explícita as características discriminadas para cada estágio de maturidade. Em nenhum dos modelos, os respetivos autores aplicaram pesos diferentes para cada um dos fatores de influência, ou seja, num processo de aferição da maturidade geral de um SI da área da saúde, todos os fatores de influência associados aos modelos têm a mesma importância [4]. Como resultado deste estudo, constata-se que nenhum dos modelos identificados, tem uma abrangência suficientemente alargada que contemple todas as áreas e subsistemas das organizações da área da saúde. Neste sentido, pensamos que existe espaço

para o desenvolvimento de um modelo de maturidade com uma abordagem holística, que inclua um conjunto abrangente de fatores de influência.

Neste artigo, apresenta-se a descrição e análise de um inquérito efetuado junto de um conjunto de especialistas da área da Gestão dos SIH no sentido de identificar os principais fatores de influência que deverão estar presentes num abrangente modelo de maturidade para a gestão dos SIH. Na perspetiva de facilitar a compreensão por parte dos inquiridos, os Fatores de Influência foram designados por Subáreas dos STI da área da saúde.

II. DESCRIÇÃO DO INQUÉRITO

A realização do inquérito por questionário teve como objetivo, contribuir para responder a duas questões de investigação formuladas no referido projeto de doutoramento. As questões mencionadas, têm como finalidade determinar quais os Fatores de Influência mais importantes no contexto da adoção de um Modelo de Maturidade dos STI da área da saúde (Q11) e confirmar se a maturidade desses Fatores de Influência é passível de avaliação (Q12). A resposta a estas questões foi dada através da análise da opinião de um conjunto de especialistas de STI da área da saúde, sobre 12 Fatores de Influência (Subáreas dos STI da área da saúde) identificados durante a revisão sistemática da literatura.

Para salvaguardar a validade e a consistência dos resultados, houve a preocupação de identificar e convidar, um conjunto de especialistas da área em estudo que, pelo seu conhecimento, seriam o garante da credibilidade das respostas. A diversidade na composição do painel de especialistas foi também uma preocupação no sentido de garantir a heterogeneidade necessária ao sucesso deste estudo. Assim, através do processo de seleção de um conjunto alargado de personalidades, foram convidados inicialmente 188 especialistas de STI da área da saúde nacionais, dos quais apenas 144 receberam efetivamente o convite para participação, isto é, 44 dos 188 *emails* enviados neste inquérito, foram devolvidos por falha na entrega. Dos 144 especialistas que receberam o convite de participação no inquérito, 58 aceitaram participar (40.3% dos convidados). Contudo, destes 58 especialistas, apenas 46 participaram efetivamente no estudo, uma vez que responderam ao questionário na totalidade, sendo as suas respostas validadas. Para além dos 46 especialistas que completaram com sucesso o questionário, outros 12 também o chegaram a iniciar mas acabaram por não o completar. Deste modo, a taxa de participação efetiva foi de 79%. Dado ser um domínio com reduzido número de especialistas e tendo em conta as taxas de participação obtidas em estudos semelhantes, poderá considerar-se a taxa de participação neste estudo bastante razoável. Acresce que, para amostras com mais de 30 elementos em cada um dos grupos em estudo, a violação dos pressupostos da normalidade e da homocedasticidade não põe em causa as conclusões [5, 6].

A realização do inquérito iniciou-se a 18/Janeiro/2016, tendo estado o questionário disponível para preenchimento durante 10 dias (até 28/Janeiro/2016). O arranque do inquérito foi sinalizado aos 144 especialistas de STI da área da saúde nacionais, através do envio de uma mensagem de correio eletrónico na qual, para além da notificação e descrição do

estudo, foi ainda disponibilizado um *link* para acesso ao questionário *online*¹. Como foi referido anteriormente, dos 144 especialistas contactados, 46 completaram com sucesso o questionário, durante o período estabelecido para o seu preenchimento.

III. CARACTERIZAÇÃO DO PAINEL DE ESPECIALISTAS

Relativamente à caracterização do Painel de Especialistas, é importante referir, que se optou neste estudo por constituir um painel heterogêneo, isto é, um painel constituído por especialistas da área da saúde com diferentes perfis e experiências no contexto dos STI. Considerou-se necessário proceder a uma caracterização dos participantes, de modo a que os resultados pudessem ser enquadrados e discutidos em função dessa caracterização. Para tal, foi elaborado no questionário, um grupo de perguntas de caracterização do perfil que os inquiridos tiveram de completar na primeira página do questionário *Online*. Neste grupo de perguntas de caracterização do perfil, cada um dos especialistas teve de completar a seguinte informação: a categoria profissional a que pertence e os anos de experiência em termos de cargos ou posições relacionados com os STI da área da saúde.

No que se refere à experiência profissional, cada especialista teve de indicar se a sua experiência profissional na área dos STI da saúde, estava relacionada com a gestão, consultadoria, docência ou outra. Em termos globais, no conjunto de especialistas que participaram no estudo, 29 (63%) referiram que a sua experiência profissional estava relacionada com a gestão ou consultadoria na área das STI, 8 especialistas (17%) exerciam a docência, 5 especialistas (11%) indicaram que tinham experiência na gestão de Unidades/Departamentos e ainda, 4 especialistas (9%) indicaram outras áreas. Na Tabela 1 é apresentada a distribuição dos participantes, tendo em conta a sua categoria profissional.

Tabela 1 - Caracterização dos inquiridos em termos de categoria profissional

Categoria Profissional	Nº	Percentagem
Gestor de STI	22	47.82%
Consultor de STI	7	15.22%
Gestor de Unidade/Departamento	5	10.87%
Docente	8	17.39%
Investigador	0	0.0%
Outra	4	8.70%

Outro aspeto considerado importante na caracterização dos participantes foi a sua experiência nos cargos ou posições relacionados com os STI da área da saúde. Deste modo, foi solicitado aos especialistas que indicassem se tinham experiência de menos de 3 anos, entre 3 e 6 e mais de 6 anos. No conjunto dos 46 especialistas que participaram efetivamente no estudo, a grande maioria apresentava uma larga experiência nesta área. De facto, 39 especialistas (85%) indicaram já ter mais de 6 anos de experiência nos STI da área da saúde, apenas 1 (2%) indicou ter menos de 3 anos e finalmente, 6 (13%) indicaram ter entre 3 e 6 anos de

¹ Utilização do software livre *LimeSurvey*

experiência. Na Tabela 2 é apresentada a distribuição dos especialistas por anos de experiência nos STI da área da saúde.

Tabela 2 - Caracterização dos inquiridos em termos de anos de experiência na área da saúde

Experiência na área da saúde	Nº	Porcentagem
Menos de 3 anos	1	2.17%
Entre 3 e 6 anos	6	13.04%
Mais de 6 anos	39	84.78%

Tendo em conta os resultados decorrentes da análise do perfil dos inquiridos, e face à elevada percentagem de Gestores tendo de Departamento como de STI (74%), bem como à sua elevada experiência na área da saúde, como comprovam os 85% de inquiridos com mais de 6 anos de experiência, pode-se concluir que o conjunto dos respondentes ao inquérito devem ser considerados como uma amostra representativa.

IV. IMPORTÂNCIA DAS SUBÁREAS DOS SIH

Depois de concluída a caracterização das personalidades convidadas, passou-se ao principal foco deste estudo. Num segundo grupo, foram criadas questões para identificar quais as Subáreas dos STI mais importantes. De referir que, as 12 Subáreas dos STI que constituíam a lista proposta foram apresentadas por ordem alfabética, por forma a minorar um eventual enviesamento nas respostas dos participantes. Adicionalmente, para cada Subárea, para além da designação, foi ainda disponibilizada uma curta descrição ou definição, por forma a facilitar a interpretação dos itens (Subáreas dos STI da saúde) usados neste estudo. A primeira questão deste grupo, está associada à possibilidade de avaliar a maturidade de cada uma das 12 Subáreas, enquanto a segunda questão sob a forma de escala de *Likert* solicita a opinião dos especialistas relativamente à importância de cada Subárea. Acresce que, cada participante poderia opcionalmente propor novas Subáreas dos STI para o estudo. Para tal, num formulário próprio, cada especialista poderia propor sem qualquer restrição, novas Subáreas que entendesse necessárias, bastando apenas introduzir uma designação num formulário disponibilizado para o efeito.

Com base nos rankings individuais, foi efetuada uma compilação dos dados de modo a produzir um ranking global que representasse a opinião geral de todos os participantes neste inquérito. Na elaboração do ranking global referente à primeira questão, para cada Subárea foi considerado o grau de importância (compreendido entre 1 e 5). Em seguida, as pontuações de cada Subárea foram somadas e por fim, gerado um ranking global² com a ordenação dos somatórios de todas as Subáreas, do valor mais alto (mais importante colocado no topo do ranking) até ao mais baixo (menos importante colocado no fim da lista). Na Tabela 3 é apresentado o ranking global da questão 1, onde para além do valor correspondente ao somatório das posições obtidas nos rankings individuais, são apresentadas outras medidas frequentemente utilizadas em estudos desta natureza, como a média, variância (Var), desvio-

padrão (D.P.) e Coeficiente de Variação (CV). Na análise ao CV, podemos constatar que a dispersão em torno da média, apresenta valores aceitáveis para a maioria das Subáreas, embora as 3 últimas apresentem uma dispersão mais elevada (>30%).

Tabela 3 - Ranking das Subáreas dos STI da área da saúde

Pos.	Subárea (FI)	%Sim	%Não	Soma	Média	Var	D.P.	CV
1	Registo Médico Eletrónico	91,30	8,70	210	4,56	0,65	0,81	17,7%
2	Pessoas	84,78	15,22	204	4,43	0,92	0,96	21,6%
3	Sistemas e Infraestruturas TI	93,48	6,52	197	4,28	0,65	0,81	18,9%
4	Análise de Dados	89,13	10,87	196	4,26	0,46	0,68	16,0%
5	Interoperabilidade	91,30	8,70	195	4,24	1,30	1,14	26,9%
6	Segurança da Informação	91,30	8,70	195	4,24	1,30	1,14	26,9%
7	PACS	86,96	13,04	190	4,13	1,18	1,09	26,3%
8	Estratégia	76,09	23,91	188	4,09	1,06	1,03	25,2%
9	Cooperação	67,39	32,61	166	3,61	0,73	0,86	23,7%
10	Usabilidade	80,43	19,57	161	3,50	1,81	1,35	38,5%
11	Telemedicina	78,26	21,74	148	3,22	1,55	1,25	38,7%
12	mHealth	58,70	41,30	132	2,87	1,32	1,15	40,0%

Na tabela 3, são também apresentados os resultados referentes à possibilidade (ou impossibilidade) de avaliar a maturidade das Subáreas dos SI da área da saúde. Consta-se que todas apresentam valores próximos de 100%. As exceções que apresentam valores mais baixos são Cooperação (67.39%) e o mHealth (58.70%). Como se confirmará mais à frente nesta análise, estas são duas das Subáreas que não vão ser incluídas na proposta do novo modelo de maturidade, pois apresentam valores médios de importância relativamente baixos. Tendo em conta que as subáreas consideradas mais importantes (e que fazem parte da proposta do novo modelo) têm valores altos quanto à possibilidade de avaliação da sua maturidade, pode-se concluir que foi respondida de forma categórica a questão de investigação (Q12) formulada anteriormente.

Ainda neste segundo grupo de questões, para além da caracterização das Subáreas ao nível da sua importância, foi ainda solicitado aos especialistas que sugerissem novas Subáreas que no seu entender fossem relevantes no contexto dos STI da área da saúde. Dos 46 especialistas que participaram neste estudo, cerca de 1/4 (11 inquiridos) fizeram propostas para a introdução de novas Subáreas. No que se refere à análise e seleção das 11 propostas para novas Subáreas, procedeu-se a uma análise cuidada de todas as propostas, de modo a identificar as que poderiam eventualmente fazer parte da proposta do novo Modelo de Maturidade.

A análise das novas Subáreas foi feita com base em quatro critérios: o primeiro critério consistiu na verificação se a Subárea proposta, se enquadrava no conceito de Subárea STI da área da saúde adotado neste estudo; o segundo critério consistiu na verificação se a Subárea proposta não poderia ser de alguma forma enquadrada em alguma das Subáreas existentes; o terceiro critério consistiu na identificação de propostas de Subáreas semelhantes ou repetidas; e por fim, no quarto critério, estabeleceu-se que apenas deveriam ser aceites as propostas que tivessem vários especialistas proponentes. Este último critério, justificava-se pelo facto de se pretender identificar neste estudo as Subáreas mais importantes, por

² Neste estudo designado por Rk1

consequente, se uma Subárea proposta fosse de facto de grande importância, esta seria certamente sugerida por mais de um especialista. Assim sendo, constatou-se a sugestão de 9 novas Subáreas, que entretanto foram descartadas pelo facto de não cumprirem os critérios anteriormente estabelecidos. Como se pode verificar na Tabela 4, grande parte das propostas só tiveram um preponente, sendo que, quatro dessas propostas puderam ser incorporadas em Subáreas já identificadas neste estudo. A única proposta que teve mais de um proponente, foi “Apoio à Decisão Clínica”, que justifica a sua incorporação na Subárea “Análise de Dados”.

Tabela 4 - Propostas de Novas Subáreas a considerar no novo Modelo de Maturidade

Nome da Subárea Proposta	Nº Preponentes	Subárea onde incorporar
Arquivo da Informação Clínica	1	Registo Médico Eletrónico
Adequabilidade ao uso	1	Usabilidade
Workflow	1	
Apoio à Decisão Clínica	3	Análise de Dados
Programas Operacionais	1	
R. Saúde E. (dif médico)	1	Registo Médico Eletrónico
ITIL/ISO 20000	1	
I&D em SI em Saúde	1	
Desmaterialização procedimentos	1	

Ainda no que se refere ao questionário principal, foi solicitado aos especialistas que, seguindo a metodologia *Selection-Sort*³, ordenassem a lista inicial de 12 itens (Subáreas dos STI) de acordo com a sua perceção sobre quais os 8 mais importantes para os STI da área da saúde. Fundamentalmente, cada especialista teve de completar a designada lista, que na prática permitia definir o seu ranking individual para as Subáreas dos STI identificados na lista inicial do estudo. Este novo ranking funcionaria como um reforço e validação do primeiro ranking resultante da importância de cada Subárea (baseado na utilização da escala de *Likert*).

Com base nos rankings individuais, foi efetuada uma compilação dos dados de modo a produzir um segundo ranking global⁴ que representasse uma opinião geral de todos os participantes nesta última questão do inquérito. Na elaboração do ranking global referente à última questão, para cada Subárea foi consultada a sua posição em cada um dos rankings individuais e atribuídos tantos pontos quanto a posição alcançada, desde 8 pontos para o primeiro até 1 ponto para o oitavo. Em seguida, as pontuações de cada Subárea foram somadas e, por fim, gerado um ranking global com a ordenação dos somatórios de todas as Subáreas, do valor mais alto (mais importante – topo do ranking) até ao mais baixo (menos importante – fim da lista). Na Tabela 5 é apresentado o ranking global da última questão, onde para além do valor correspondente ao somatório das posições obtidas nos rankings individuais, são apresentadas outras medidas frequentemente utilizadas em estudos desta natureza, como a

³ A ordenação por seleção é um algoritmo de ordenação baseado na colocação do maior valor do vetor para a primeira posição (ou o menor dependendo da ordem), depois o segundo maior para a segunda posição, e assim sucessivamente com os (n-1) elementos restantes, até os últimos dois valores.
⁴ Neste estudo designado por Rk2

média, variância (Var) e o desvio-padrão (D.P.). Na última coluna desta tabela, é apresentada para cada Subárea a variação de posição que esta sofreu do ranking global da primeira questão, para o da última questão.

Tabela 5 - Evolução do Ranking Global de importância das subáreas dos STI

Pos.	Subárea (FI)	Soma	Média	Var	D.P.	Rk. Anterior	Δ Posição
1	Pessoas	268	5,83	2,92	1,71	2	▲ 1
2	Estratégia	224	4,87	7,35	2,71	8	▲ 6
3	Sistemas e Infraestruturas TI	217	4,72	4,37	2,09	3	= 0
4	Registo Médico Eletrónico	206	4,48	4,50	2,12	1	▼ -3
5	Segurança da Informação	193	4,20	3,23	1,80	5	= 0
6	Análise de Dados	176	3,83	4,55	2,13	4	▼ -2
7	Interoperabilidade	109	2,37	2,26	1,50	5	▼ -2
8	PACS	92	2,00	4,34	2,08	7	▼ -1
9	Cooperação	81	1,76	3,94	1,99	9	= 0
10	Usabilidade	72	1,57	3,57	1,89	10	= 0
11	mHealth	15	0,33	1,27	1,13	12	▲ 1
12	Telemedicina	3	0,07	0,00	0,00	11	▼ -1

Os resultados obtidos mostram que as primeiras oito Subáreas se mantêm nos primeiros lugares apesar de ligeiras alterações na ordem de importância. Em contrapartida, as quatro últimas Subáreas mantem-se estabilizadas nas últimas posições dos Rankings de importância. Todavia, importa referir que se registaram alterações significativas em três subáreas. Enquanto a Subárea “Estratégia” subiu 6 posições (da 8ª para a 2ª posição) do primeiro ranking para o segundo, a Subárea “Registo Médico Eletrónico” desceu 3 posições e “Análise de Dados” e “Interoperabilidade” desceram 2 posições. Pode-se observar que, excetuando estes quatro casos, todas as outras Subáreas se mantiveram estabilizadas nas suas posições, fluando no máximo uma posição.

V. AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONSENSO E ESTABILIDADE DE OPINIÃO DOS ESPECIALISTAS

A avaliação do nível de consenso, de acordo com os parâmetros definidos para este estudo, compreendeu a análise de dois critérios: o nível de concordância entre os rankings individuais dos especialistas que participaram no estudo, avaliado através do coeficiente *W de Kendall*; e o nível de estabilidade de opinião dos especialistas entre os rankings globais das duas questões, avaliado através do coeficiente de correlação *Rho de Spearman*.

Começando pela análise do nível de concordância entre os rankings individuais, o coeficiente *W de Kendall* obteve o valor de $W=0,250$ ($p<0,001$), o que reflete um nível de concordância fraco entre os rankings individuais dos inquiridos que participaram neste estudo. Apesar do valor do coeficiente *W de Kendall* não ser satisfatório pois W é inferior a 0,500, não foi considerado preocupante por se tratar de uma situação comum em estudos desta natureza [7].

No que se refere ao nível de estabilidade de opinião dos inquiridos, isto é, à correlação entre o *ranking 1* que foi proposto aos membros do painel e a sua relação com o *ranking 2* após as suas respostas, verifica-se uma correlação significativa entre os dois. O coeficiente de correlação de

Spearman's rho é de 0,806, significativo ao nível de 0,01, o que mostra haver uma elevada correlação entre os dois rankings de importância das Subáreas, o mesmo será dizer que existe um elevado nível de estabilidade entre os dois rankings obtidos nas duas questões do inquérito.

Face a estes resultados, e fundamentalmente devido ao nível de concordância fraco entre os rankings individuais, ainda foi ponderada a eventual realização de um novo inquérito. No entanto, tal viria a ser rejeitado por três razões: em primeiro lugar, a participação dos inquiridos não estava garantida pois existia a grande probabilidade dos mesmos não voltarem a responder; em segundo lugar, não obstante o nível de concordância apresentar um valor considerado pouco satisfatório, o nível de estabilidade apresentava um valor bastante satisfatório; por fim, o ranking global resultante do estudo ainda iria ser testado e validado numa segunda fase deste projeto de doutoramento (durante a validação do modelo).

VI. ANÁLISE DOS RESULTADOS RELATIVOS AO RANKING DE IMPORTÂNCIA DAS SUBÁREAS DOS STI

Duas das questões de investigação formuladas para este projeto de doutoramento, têm como finalidade identificar os Fatores de Influência das SIH mais importantes (Q11) e determinar se a maturidade dos mesmos é passível de avaliação, com base na opinião de um painel de especialistas de STI da área da saúde (Q12). Concluído o estudo realizado pelo inquérito e definido o ranking final de importância das Subáreas, será realizada a análise e discussão dos resultados. Na Tabela 6 é apresentado para cada Subárea, o posicionamento que a mesma alcançou no Ranking Final. Este ranking (RkFinal) foi alcançado com base na média dos valores obtidos nas respostas às duas questões do estudo e que deram origem aos Ranking 1 e Ranking 2.

Tabela 6 - Ranking final da importância das Subáreas STI

Subárea (FI)	Soma1	Rk1	Soma2	Rk2	Média	RkFinal
Pessoas	204	2	268	1	236,0	1
Registo Médico Eletrónico	210	1	206	2	208,0	2
Sistemas e infraestruturas TI	197	3	217	4	207,0	3
Estratégia	188	8	224	3	206,0	4
Segurança da Informação	195	5	193	5	194,0	5
Análise de Dados	196	4	176	6	186,0	6
Interoperabilidade	195	5	109	7	152,0	7
PACS	190	7	92	8	141,0	8
Cooperação	166	9	81	9	123,5	9
Usabilidade	161	10	72	10	116,5	10
Telemedicina	148	11	3	11	75,5	11
mHealth	132	12	15	12	73,5	12

Analisando o posicionamento das 12 Subáreas nos dois rankings do estudo, é possível observar a evolução que ocorreu no ranking global de importância, da qual emergem algumas situações relevantes que importa referir. A primeira situação a destacar é a importância atribuída pela globalidade do painel de especialistas à Subárea “Pessoas” que, pelo facto de ocupar a primeira posição do ranking global, se assume como a Subárea mais importante dos STI da área da saúde. Uma outra situação observável e digna de realce na evolução

do ranking global de importância, é a consistência que se verifica nos dois rankings, quer no que diz respeito aos itens posicionados nas primeiras posições (os de maior importância), quer no que se refere aos itens posicionados nas últimas posições do ranking (os de menor importância). Por exemplo, no que se refere aos itens identificados como os de menor importância (os colocados nas últimas quatro posições dos rankings), constata-se que as Subáreas são sempre as mesmas.

Face a estas considerações, depreende-se que de alguma forma se poderá identificar e considerar, no ranking final de importância, determinados agrupamentos de Subáreas nomeadamente um grupo com as Subáreas mais importantes (i.e., oito primeiras Subáreas do ranking global) e outro grupo com os de menor importância (i.e., as quatro últimas Subáreas do ranking global). Entendeu-se no entanto, que a identificação destes agrupamentos no ranking final de importância deveria ser suportada por técnicas ou métodos estatísticos. Assim sendo, foi decidida a adoção da técnica exploratória de análise multivariada (Análise de *Clusters*) por se tratar de uma técnica normalmente utilizada para organizar dados (e.g., pessoas, eventos) em taxonomias, grupos ou agrupamentos significativos com base em combinações de Intervalos de Variação, maximizando a similaridade dos itens dentro de cada grupo e simultaneamente maximizando as diferenças entre os grupos que inicialmente eram desconhecidas [8].

Uma das principais características da Análise de *Clusters* é o facto de esta não fornecer qualquer explicação sobre o modo como os agrupamentos ou grupos são identificados, nem tão pouco fornecer qualquer interpretação sobre os mesmos. Cada agrupamento descreve a classe à qual pertencem os seus membros, em termos dos dados observados, sendo que os itens de um determinado agrupamento ou grupo são semelhantes em alguns aspetos entre si e diferentes dos itens dos restantes agrupamentos ou grupos [8]. De entre as possibilidades de métodos para o cálculo dos agrupamentos (*clusters*), foi escolhido o método “*Ward's Method*” com a medida de similaridade “*Square Euclidean distance*”, por se tratar de um método utilizado em estudos de natureza semelhante com resultados satisfatórios (e.g., [7, 9]). Assim, utilizando como referência a média obtida para cada uma das Subáreas no Ranking Global de importância, foi gerado no SPSS o respetivo Dendrograma, cuja interpretação permite observar e identificar 4 agrupamentos.

O primeiro agrupamento identificado no Dendrograma é constituído pela Subárea “Pessoas”. Conforme já foi referido, esta traduz-se na Subárea mais importante dos STI da área da saúde. Num segundo agrupamento, constituído ainda por Subáreas que poderão ser considerados de grande importância, a análise do Dendrograma sugere o agrupamento dos itens posicionados entre as posições 2 e 6, mais precisamente “Sistemas e infraestruturas de TI”, “Estratégia”, Registo Médico Eletrónico”, “Segurança da Informação” e “Análise de Dados”.

Um outro facto importante, que resulta da interpretação do Dendrograma, é que para além da identificação dos 4

agrupamentos, em termos estatísticos existe uma maior proximidade entre os 2 primeiros agrupamentos que, por sua vez, se distanciam estatisticamente dos dois últimos agrupamentos. Este facto, aliado à grande estabilidade nos rankings Rk1 e Rk2, como confirma o valor obtido pelo *Rho de Spearman*, no que diz respeito às subáreas posicionadas nas primeiras 6 posições, permite considerar os 2 primeiros agrupamentos e as respetivas Subáreas como as Subáreas mais importantes das STI da área da saúde, cuja constituição é graficamente representada na Figura 1.

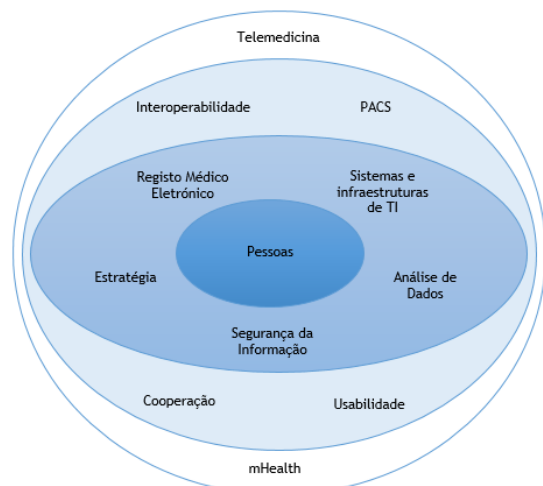


Figura 1 - Subáreas mais importantes dos STI da área da saúde

Com base nos resultados do estudo, conclui-se que existem 6 Subáreas que são consideradas as mais importantes dos STI da área da saúde, e nesse sentido, serão aplicadas inevitavelmente na proposta do novo modelo de maturidade. Em contrapartida, as 2 Subáreas consideradas menos importantes, serão excluídas do referido modelo. Em posição intermédia apresentam-se 4 Subáreas cuja inclusão na proposta do novo modelo de maturidade deve ser ponderada. Tendo em conta o carácter abrangente do novo modelo de maturidade, considerou-se importante não excluir definitivamente estas 4 Subáreas. Todavia, para a sua inclusão, foi verificado se a Subárea, se identificava de alguma forma com alguma das 6 Subáreas mais importantes. Perante este pressuposto, considerou-se que as características das Subáreas “Interoperabilidade” e “Cooperação” poderiam ser incorporadas na Subárea “Sistemas e Infraestruturas de TI” sem que esta última perdesse a sua identidade. Da mesma forma, as características da Subárea “Usabilidade” poderiam ser incorporadas na Subárea “Pessoas” e por último, as características da Subárea “PACS”, poderiam ser incorporadas na Subárea “Registo Médico Eletrónico”.

Uma vez identificadas as Subáreas mais importantes dos STI da área da saúde, ou seja, os seis Fatores de Influência que farão parte da proposta de novo modelo de maturidade, será

importante atribuir pesos distintos a esses mesmos Fatores. Na verdade, a avaliação da maturidade global de um STI da área da saúde, deve ser efetuada com base na maturidade das suas diferentes Subáreas não menosprezando a importância que cada uma tem. Na Tabela 7, são apresentados os pesos dos seis Fatores de Influência, baseados na importância relativa de cada Subárea. Este cálculo é resultado da média dos dois rankings obtidos no estudo efetuado aos especialistas dos STI da área da saúde.

Tabela 7 - Pesos relativos dos Fatores de Influência que farão parte da proposta do novo modelo de maturidade

Subárea (FI)	Soma 1	Soma 2	Média	Peso Maturidade
Pessoas	204	268	236	19.1%
Registo Médico Eletrónico	210	206	208	16.8%
Sistemas e infraestruturas de TI	197	217	207	16.7%
Estratégia	188	224	206	16.7%
Segurança da Informação	195	193	194	15.7%
Análise de Dados	196	176	186	15.0%

VII. CONCLUSÕES

Apresentou-se neste artigo, a análise a um inquérito desenvolvido para identificar os Fatores de Influência mais importantes para a maturidade de um SIH. Este inquérito foi realizado no âmbito de uma investigação que visa o desenvolvimento de um modelo de maturidade abrangente para a gestão dos SIH, justificado pelas várias limitações dos modelos de maturidade atuais da área da saúde.

Com base nos resultados deste inquérito, será proposto um Modelo de Maturidade abrangente para os SIH, composto por vários estágios e incorporando os 6 Fatores de Influência mais importantes da área dos SIH. O referido modelo de maturidade será validado junto de um conjunto de Gestores de STI de organizações hospitalares, através de entrevistas.

Posteriormente, será desenvolvida uma ferramenta automática que permita suportar a determinação do estágio de maturidade em que se encontra um determinado SIH e o caminho que deve ser trilhado em direção a uma maturidade superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Freixo, J. and Á. Rocha, *Arquitetura de Informação de Suporte à Gestão da Qualidade em Unidades Hospitalares*. RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação 2014, 14: p. 1-18.
- Sharma, B., *Electronic Healthcare Maturity Model (eHMM)*. Quintegra Solutions Limited, 2008.
- Rocha, Á., *Evolution of Information Systems and Technologies Maturity in Healthcare*. International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics, 2011. 6(2): p. 28-36.
- Carvalho, J.V., A. Rocha, and A. Abreu, *Information Systems and Technologies Maturity Models for Healthcare: a systematic literature review*. In: *New Advances in Information Systems and Technologies*, Springer Berlin Heidelberg, 2016. p. 83-94.
- Gravetter, F.J. and L.B. Wallnau, *Statistics for the behavioral sciences (5th ed)*. Belmont, CA: Wadsworth, 2000.
- Stevens, J., *Applied multivariate statistics for the social sciences (3rd edn)*. Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum, 1996.
- Rodrigues, L., *Fatores Determinantes do Valor das Arquiteturas Empresariais*, in *DSI*, 2014, Universidade do Minho, Guimarães.
- Burns, R.P. and R. Burns, *Business Research Methods and Statistics Using SPSS*. Sage Publications Ltd, 2008.
- Santos, L., *Fatores Determinantes do Sucesso de Adopção e Difusão de Serviços de Informação Online em Sistemas de Gestão de Ciência e Tecnologia*, in *DSI*, 2004, Universidade do Minho, Guimarães.

Caderneta Electrónica: Visão de Professores e Encarregados de Educação de Alunos do Ensino Básico da Galiza

Electronic Booklet: Vision of Teachers and Guardians of Basic School Students of Galicia

António Abreu
ISCAP- Instituto Superior de
Contabilidade e
Administração do Porto,
Instituto Politécnico do Porto
aabreu@iscap.ipp.pt

Ana Paula Afonso
ISCAP- Instituto Superior de
Contabilidade e
Administração do Porto,
Instituto Politécnico do Porto
apafonso@iscap.ipp.pt

Álvaro Rocha
Departamento de Engenharia
Informática, Universidade de
Coimbra
amrocha@dei.uc.pt

Manuel Pérez Cota
Universidade de Vigo
mpcota@uvigo.es

Resumo - A investigação aqui descrita explora a primeira fase de um projecto de investigação, cujo objetivo é introduzir uma nova forma de colaboração e comunicação entre a Escola-Família, através de uma Caderneta Electrónica (CE), em Espanha, nas escolas da Galiza. A CE surge para dar resposta às crescentes necessidades de colaboração entre a Escola e a Família, promovendo o processo ensino-aprendizagem e o sucesso educativo, tendo como suporte as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC). Através de um questionário procurámos obter a perceção dos Professores e Encarregados de Educação (EE) relativamente à adoção de uma CE. Ambos os grupos salientaram a importância da comunicação entre a Escola e a Família e manifestaram interesse na CE, enquanto instrumento de comunicação bidireccional.

Palavras-chave: *Colaboração escola-família; Comunicação; Caderneta Electrónica.*

Abstract — This research here described explores the first phase of a research project whose aim is to introduce a new form of collaboration and communication among the Family and School through an Electronic Booklet (EB), in Spain, in the Galician schools. The EB appears to meet the growing needs of collaboration between the school and the family, promoting the teaching-learning process and educational success, supported by the Information and Communication Technologies (ICT). Through a questionnaire we sought to obtain the perceptions of teachers and parents regarding the adoption of an EB. Both groups stressed the importance of communication between the school and the family and expressed interest in EB, as bidirectional communication tool.

Keywords: *Collaboration school-family; Communication; Electronic Booklet.*

I. INTRODUÇÃO

Tal como sucedia no passado, também hoje, a comunicação é um fator importante no relacionamento humano. As formas de comunicar têm sofrido mudanças, sem que a sua essência se tenha alterado. O ser humano, para além das relações pessoais diretas passou a comunicar à distância.

O presente estudo, com implicações na comunicação, gestão e divulgação da informação em ambiente digital, procura contribuir para uma comunicação mais eficaz entre a Escola e a Família. Este é um assunto amplamente discutido na literatura, mas como salienta Dusi [16] e Kryger & Ravn [22], apesar deste entendimento, a relação entre EE e Professores, na Europa, desde Espanha à Suécia e Dinamarca, da Irlanda à Grécia, e da Itália à República Checa, apresenta-se ainda como uma questão não devidamente resolvida. Refere, ainda, Dusi [16] que, a investigação que tem vindo a ser realizada e as declarações de Encarregados de Educação (EE) e de Professores evidenciam a importância de uma forte colaboração entre a Família e a Escola em termos de educação e de aprendizagem dos alunos.

Efetivamente, a revolução tecnológica originou fortes mudanças na sociedade, [1] [23] [28] [29] essencialmente nas formas de comunicação, abrindo um novo olhar [20] [21] [33] [1] onde a comunicação ultrapassa as barreiras do espaço e do tempo, criando um mundo virtual, influenciando o modo de pensar e agir dos indivíduos.

Um mundo em constante mudança, suportado numa sociedade de informação, impõe uma nova abordagem da educação [13] [35]. Assim, surge a necessidade da Escola, utilizar recursos tecnológicos, criando novas formas de educação e de

comunicação entre a Escola e a Família [8] [10] [30] [34] [37] [11] [12] [13] [14].

A ideia, já concretizada, da Caderneta Eletrónica (CE) surgiu como uma resposta à evolução tecnológica e à necessidade de melhoria do processo de coadjuvação entre a Escola e a Família, como forma de garantir uma melhoria no processo de ensino aprendizagem e o sucesso educativo [24] [25] [27] [31]. As Escolas precisam, assim, de apostar nas TIC para que Alunos, EE e Escolas se possam interconectar (*on-line*), pois são os principais intervenientes no processo ensino-aprendizagem [3] [19].

Reconhecendo-se a importância dos EE na vida escolar, é relevante fomentar a sua participação através da informação que se lhes disponibiliza. O estudo aqui apresentado, e em consonância com [36] [9], tem como alvos dois grandes objetivos:

- Avaliar a relevância da CE na relação Escola-Família;
- Compreender o papel da CE na relação Escola-Família.

Dessarte, surgiram inevitavelmente três grandes questões:

- A comunicação entre Escola-Família é fundamental no processo de ensino-aprendizagem?
- A Caderneta tradicional do aluno em papel (CT) é um instrumento fundamental na comunicação Escola-Família?
- A CE potencia e melhora a comunicação Escola-Família?

O estudo envolveu um conjunto de escolas do 1º ciclo da Galiza. O processo de investigação decorreu em três fases. A fase 1 consistiu num estudo sobre a exequibilidade da adoção da CE na relação Escola-Família, através da percepção do grau de sensibilidade dos EE e Professores a esta proposta, através de um questionário realizado nas Escolas. Na fase 2 foi desenvolvido e implementado um protótipo da CE; e por fim, foi avaliado o impacto da CE na comunicação Escola-Família. Este trabalho incide sobre a primeira fase do estudo — Questionário — orientado aos seguintes objetivos:

- Caracterizar as percepções dos EE e dos Professores sobre a relação Escola-Família;
- Caracterizar as percepções dos EE e dos Professores acerca do papel educativo da CT;
- Perspetivar vantagens e desvantagens do uso da CE face à CT na comunicação entre a Escola e a Família;
- Caracterizar as percepções dos EE e dos Professores acerca das possíveis vantagens educativas da adoção de uma CE.

II. PROCESSO COMUNICACIONAL ENTRE ESCOLA E FAMÍLIA

Em Espanha tem vindo a ser desenvolvido um esforço no sentido da adaptação às exigências da União Europeia no que se refere à inserção das tecnologias de informação no sistema educativo. Tal inserção tem sido feita através do

desenvolvimento de planos de acção, nomeadamente, *Info XXI, España.es y Avanza* [39].

Na Comunidade Autónoma da Galiza, salienta-se o Proyecto SIEGA¹ que procura ser “(...) una respuesta de la Consellería de Educación y Ordenación Universitaria al cada vez más importante papel de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en el medio escolar” [15]. Um projeto alicerçado em ferramentas Web 2.0, que possibilita a participação direta da comunidade educativa (EE, professores, alunos), não exigindo grandes conhecimentos técnicos informáticos na sua utilização.

No entanto, verifica-se que há um hiato entre a compreensão da necessidade do uso e da implementação efetiva das TIC ao nível da comunicação a ser estabelecida entre a Escola e a Família [6]. Esses contactos não se devem limitar a meras relações ocasionais, de reduzida influência no processo educativo, o que tem vindo a acontecer com muita frequência em muitas Escolas [4].

O princípio subjacente à criação da CT está relacionado com a melhoria do processo de colaboração entre a Escola, o aluno e a sua Família. Ao longo do tempo tem-se verificado que Professores e EE continuam a usar a CT, mas fazem-no, por regra, de forma limitada:

- Na Escola o desinteresse manifesta-se ao nível do preenchimento da CT. Parece verificar-se, na generalidade, um abandono das práticas de preenchimento completo da CT;
- Na Família a CT foi reduzida a um mero instrumento de justificação de faltas e ao envio de comunicações sobre situações clínicas dos alunos.

Foi com base nesta realidade que surgiu a necessidade de adaptação e evolução da CT, tornando-a num instrumento dinâmico e interativo entre a Família e a Escola. Como refere Batista [5] é preciso estabelecer redes de colaboração e de confiança entre os intervenientes, o que pode ser concretizado com recurso à CE.

III. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Foi nosso propósito perceber a necessidade de evolução da CT, conseguindo um instrumento mais dinâmico e interativo na comunicação entre a Família e a Escola, o que pode ser concretizado com recurso à CE. Com base nesta realidade e nos objetivos do estudo assumimos os seguintes pressupostos:

- P1: A comunidade educativa valoriza a comunicação entre a Escola e a Família;
- P2: A CT é um instrumento fundamental na comunicação entre a Escola e a Família;
- P3: A CE potencia a comunicação entre a Escola e a Família.

Recorremos a uma metodologia de investigação de natureza quantitativa [18] [38] [7] [32] — o Questionário — que permite obter informação sobre o impacto da CT e CE na relação Escola-Família e dar resposta a três grandes questões:

¹ SIEGA — Sistema de Información da Educación Galega.

- a) Qual o contributo da CT para uma comunicação eficaz e célere entre a Escola e a Família?
- b) Como melhorar a comunicação e acelerar os processos de colaboração entre a Escola e a Família?
- c) Será a CE ser uma plataforma capaz de potenciar a comunicação sincrónica entre a Escola e a Família?

Desenhámos e testámos um questionário seguindo as orientações de Fortin et al. [17]².

De acordo com os objetivos, público-alvo, tipo de questões e escala de avaliação, estruturámos o questionário em três partes:

A) *Caracterização da amostra* – Inclui itens que permitem avaliar a maturidade e o nível de conhecimentos necessários sobre o estudo. Optámos por questões do tipo resposta fechada, dirigidas aos EE dos alunos (Escola do educando e ano que frequenta, Habilitações académicas, Idade, Género, Função que desempenham na Escola do educando) e aos professores (Escola onde leciona; Grupo disciplinar; Habilitações académicas; Idade; Género; Ano que leciona; Tempo de serviço; Função que desempenha na instituição escolar.)

B) *Questionário: Caderneta tradicional* – Constituída por quinze questões de resposta fechada e por duas questões de resposta aberta, de modo a que os elementos participantes no estudo pudessem indicar vantagens e desvantagens na utilização da CE.

C) *Questionário: Caderneta eletrónica* – Constituída por duas questões, sendo a primeira de resposta fechada, mas com a alternativa de resposta aberta, aos inquiridos que responderem negativamente, para que indicassem os itens da CT que não devem fazer parte da CE; a segunda questão consiste em sete sub-questões do tipo resposta fechada.

Foi utilizada uma escala do tipo Likert (1- Total desacordo a 5 - Total acordo)³ na resposta às questões.

Foram realizados, presencialmente e via Web, dois inquéritos por questionário a 37 Encarregados de Educação e 47 Professores. Os dados obtidos foram tratados com recurso à aplicação informática SPSS⁴.

Procedeu-se a uma análise fatorial dos dados, às questões da parte B e C, dos questionários dos Encarregados de Educação e dos Professores e através do método *Varimax* [40] [41] foi possível associar cada variável a apenas um fator, designadamente: *Fator 1* – CE; *Fator 2* – Influência da relação Escola-Família no processo de ensino-aprendizagem; *Fator 3* – CT.

² Foi realizado um pré-teste do questionário junto de uma amostra de pequena dimensão, para clarificar e validar os questionários. Os inquiridos foram unânimes, quanto à objectividade dos questionários, não apresentando dificuldades na sua realização.

³ Na análise e apresentação dos resultados optou-se por agregar o “ Total desacordo”, com o “Desacordo parcial” e o “Total acordo” com o “ Acordo parcial”, de forma a tornar mais curto o questionário e incrementar a dinâmica das respostas.

⁴ SPSS – (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 20 [26].

A tabela 1 apresenta a distribuição dos treze itens pelos três fatores.

TABELA 1: ORGANIZAÇÃO DOS FATORES E SEUS ITENS

Fatores	Itens
Fator 1 – CE	<p>9. É importante encontrar um meio que proporcione uma intensificação e maior facilidade na comunicação entre a escola e o Encarregado de Educação.</p> <p>10. O recurso a uma Caderneta Eletrónica pode contribuir para uma melhoria da comunicação entre a escola e o Encarregado de Educação.</p> <p>11. Uma Caderneta Eletrónica pode ser um importante instrumento de trabalho para o Diretor de Turma, Professores, Encarregado de Educação e Diretores de escola.</p> <p>12. Uma Caderneta Eletrónica poderá ser um recurso para todos os Professores na comunicação com os Encarregados de Educação.</p> <p>13. Uma Caderneta Eletrónica poderá ser usada por Diretores de escola no contacto com Professores.</p> <p>14. Uma Caderneta Eletrónica poderá ser usada por Diretores de escola no contacto com Encarregados de Educação.</p> <p>15. Uma Caderneta Eletrónica apresentará vantagens em relação à Caderneta Tradicional na comunicação entre os vários intervenientes da comunidade escolar.</p>
Fator 2 – Influência da relação Escola-Família no processo ensino-aprendizagem	<p>1. A relação entre escola e família é fundamental para o processo de ensino- aprendizagem.</p> <p>3. Sempre que os Encarregado de Educação se envolvem, potenciam as condições de melhoria em termos do desenvolvimento do aluno.</p> <p>4. A participação dos Encarregado de Educação na escola beneficia o Professor, contribuindo para que o seu trabalho se torne mais construtivo.</p> <p>5. Os Encarregado de Educação assumiram atitudes mais favoráveis face aos Professores se cooperarem com eles de uma forma construtiva.</p>
Fator 3 – CT	<p>7. A Caderneta Tradicional do aluno é um instrumento importante na comunicação entre a escola e a família.</p> <p>8. Os Professores usam com muita regularidade a Caderneta Tradicional do aluno na comunicação com os Encarregados de Educação.</p>

IV. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS RELATIVAMENTE ÀS QUESTÕES DE INVESTIGAÇÃO

Os resultados do estudo realizado foram obtidos através da análise de respostas a um conjunto de questões colocadas aos Encarregados de Educação e aos Professores.

A primeira questão de investigação, «A comunicação entre escola-família é fundamental no processo ensino-aprendizagem», está associada ao *fator 2 – Influência da relação escola-família no processo ensino-aprendizagem que integra as seguintes afirmações: 1, 3, 4 e 5* (Tabela 1).

A maioria dos Encarregados de Educação (97,3%) entende que a relação entre escola e família é fundamental para o processo de ensino-aprendizagem. Esta é também a percepção manifestada pela maioria dos Professores (97,9%).

Os valores médios observados apresentam as variações com todos os itens a apresentarem uma concordância elevada, quer para EE, quer para Professores. O *fator 2* apresenta assim um

valor médio de 4.70 para EE e de 4.87 para Professores, bastante próximo do valor máximo possível.

As medidas de dispersão apresentadas na tabela 2 exibem valores relativamente baixos, para o desvio padrão, com valores inferiores a um, ou para o coeficiente de variação com percentagens inferiores ou iguais a vinte. Assim, tudo indica, uma boa dispersão dos resultados apresentados, apontando para uma maior homogeneização das respostas e para um valor médio representativo da realidade.

Assim, podemos afirmar que, tanto para EE, como para Professores, a comunicação entre a escola e a família é fundamental no processo de ensino-aprendizagem

TABELA 2: MEDIDAS DE DISPERSÃO DO FATOR 2 – INFLUÊNCIA DA RELAÇÃO ESCOLA-FAMÍLIA NO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM

	Encarregados de Educação				Professores			
	N	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	N	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Fator 2 - Influência da relação Escola/Família no processo ensino-aprendizagem	37	4,70	0,35	7%	47	4,87	0,27	6%
1. A relação entre Família e Escola é fundamental para o processo de ensino-aprendizagem.	37	4,97	0,16	3%	47	4,98	0,15	3%
3. Sempre que os Encarregados de Educação se envolvem, melhoram as condições de melhoria em termos do desenvolvimento do Aluno.	34	4,76	0,43	9%	47	4,83	0,52	11%
4. A participação dos Encarregados de Educação na escola beneficia o Professor, contribuindo para que o seu trabalho se torne mais construtivo.	37	4,51	0,65	14%	47	4,87	0,40	8%
5. Os Encarregados de Educação assumirão atitudes mais favoráveis face aos Professores se cooperarem com estes de uma forma construtiva.	37	4,54	0,73	16%	47	4,81	0,45	9%

A análise da segunda questão de investigação “A CT é um instrumento fundamental na comunicação escola-família” está associada ao Factor 3 – CT – que integra as afirmações: 7 e 8 (Tabela 3). Os Professores usam com muita regularidade a CT do aluno na comunicação com os Encarregados de Educação. Na realidade, quer os Encarregados de Educação (88,8%), quer os Professores (87,9%), entendem que a CT do aluno é um instrumento importante na comunicação escola-família.

Os valores médios observados apresentam as variações com todos os itens a apresentarem uma concordância elevada, quer para EE, quer para Professores. O fator 3 apresenta assim um valor médio de 4.51 para EE e de 4.57 para Professores, bastante próximo do valor máximo possível.

As medidas de dispersão apresentadas, à semelhança dos valores obtidos para o fator 2 apresentam valores relativamente baixos, para o desvio padrão assim como para o coeficiente de variação (Tabela 3). Assim, tudo indica, uma boa dispersão dos resultados apresentados e com um valor médio representativo da realidade

TABELA 3: MEDIDAS DE DISPERSÃO DO FATOR 3 – CT

	Encarregados de Educação				Professores			
	N	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	N	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Fator 3 - Caderneta Tradicional	37	4,51	0,59	13%	47	4,57	0,47	10%
7. A Caderneta Tradicional do Aluno é um instrumento importante na comunicação Família-Escola.	37	4,76	0,60	13%	47	4,68	0,56	12%
8. Os Professores usam com muita regularidade a Caderneta Tradicional do Aluno na comunicação com os Encarregados de Educação.	37	4,27	0,90	21%	47	4,47	0,72	16%

A análise da questão de investigação “A CE potencia e melhora a comunicação escola-família”, está associada à análise do fator 1 – CE –, e integra as afirmações: 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 (Tabela 4). Na amostra os Encarregados de Educação (83.9%) e os Professores (92.3%) são unânimes, quanto à importância de encontrar um meio que proporcione uma intensificação e maior facilidade na comunicação entre a escola e o Encarregado de Educação. Os Encarregados de Educação (78%) e Professores (87.3%) admitem mesmo que uma CE poderá ser um recurso facilitador da comunicação e do trabalho, entre a escola e a família. A maioria dos Encarregados de Educação (73%) e Professores (82%) entendem que a CE poderá ter mais vantagens comparativamente à CT

As medidas de dispersão apresentadas suportam as respostas dos intervenientes (Tabela 4) e confirmam um valor médio representativo da realidade

TABELA 4: MEDIDAS DE DISPERSÃO DO FATOR 1 – CE

	Encarregados de Educação				Professores			
	N	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação	N	Média	Desvio Padrão	Coef. Variação
Fator 1 - Caderneta Eletrónica	37	4,17	0,85	20%	47	3,89	0,87	22%
9. É importante encontrar um meio que proporcione uma intensificação e maior facilidade na comunicação entre a escola e o Encarregado de Educação.	37	4,73	0,56	12%	47	4,26	0,87	20%
10. O recurso a uma Caderneta Eletrónica pode contribuir para uma melhoria da comunicação entre a Escola e o Encarregado de Educação.	37	4,08	1,01	25%	46	3,72	1,36	37%
11. Uma Caderneta Eletrónica pode ser um importante instrumento de trabalho para o Diretor de Turma, Professores, Encarregado de Educação e Diretores de escola.	37	4,14	0,95	23%	46	4,00	0,94	24%
12. Uma Caderneta Eletrónica poderá ser um recurso para todos os Professores na comunicação com os Encarregados de Educação.	37	4,03	1,12	28%	46	3,98	1,16	29%
13. Uma Caderneta Eletrónica poderá ser usada por Diretores de Escola no contato com professores.	37	3,95	1,20	30%	46	3,57	1,36	38%
14. Uma Caderneta Eletrónica poderá ser usada por Diretores de Escola no contato com Encarregados de Educação.	37	4,19	1,05	25%	45	3,87	0,97	25%

V. CONCLUSÃO

Ao longo do estudo realizado, com base nos resultados obtidos e apesar da dimensão da amostra, tudo indica que, a colaboração entre a Escola e a Família é fundamental para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. E porque entendemos que, a comunicação, e sobretudo os meios como se comunica, são fundamentais para o sucesso educativo, investigámos a percepção dos Encarregados de Educação e Professores sobre a viabilidade da adoção da CE na relação Escola-Família sem prejuízo da CT.

Assim, a CE poderá assumir, de uma forma inovadora, dinâmica e eficaz, um papel facilitador na comunicação entre a Escola e a Família contribuindo para melhorar o processo ensino-aprendizagem. Consequentemente é de toda a pertinência o desenvolvimento de uma aplicação Web – a CE – com um layout totalmente responsive, que possa ser visto em qualquer dispositivo, desde smartphone até ao computador, com o objetivo principal de gerir e aceder a toda a informação associada ao aluno, assim como incentivar a comunicação

entre a Escola e a Família ao promover uma forma mais fácil, rápida e segura na interação entre ambas. Pretende-se desenvolver uma, CE App⁵.

Face aos resultados alcançados reconhecemos que os três pressupostos, fundamentais neste estudo, foram reforçados para as escolas da Galiza, confirmando assim, que a comunicação entre Escola e Família é fundamental no processo de ensino-aprendizagem e será, sem dúvida, facilitada, suportada e potenciada através da CE.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abrantes, B. (2009). Conceção e desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem pessoal baseado em ferramentas web 2.0: estudo de caso da plataforma Sapo Campus. Universidade de Aveiro.
- [2] Abreu, A., Rocha, Á. & Cota, M.P. (2015). Perceptions of Teachers and Guardians on the Electronic Record in the School-Family Communication. In *Open and Big Data Management and Innovation*, 48-62. Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-25013-7_5.
- [3] Alho, S., & Nunes, C. (2009). Contributos do director de turma para a relação escola-família. *Revista Educação/PUCRS*, 32(2), 150-158. Porto Alegre.
- [4] Anastasi, A. (1990). *Psychological testing*. 6th ed. New York. MacMillan.
- [5] Batista, I. (2005). *Dar rosto ao futuro: A educação como compromisso ético*. Porto: Profedições.
- [6] Beaudichon, J. (2001). *A comunicação – Processos, Formas, e Aplicações*. Porto: Porto Editora.
- [7] Bell, J. (2002). *Como realizar um projeto de investigação: Um guia para a pesquisa em Ciências Sociais e da Educação*. Lisboa: Gradiva.
- [8] Berto, R. M. V. S., & Nakano, D. N. (2014). Revisitando a produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção. *Production Journal*, 24(1), 225-232. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132013005000007>
- [9] Bhering, E., & Siraj-Blatchford, I. (1999). A relação escola-EE: um modelo de trocas e colaboração. *Cadernos de pesquisa*, 106, 191-216.
- [10] Boonen, A. (2000). Pourquoi utiliser les technologies de l'information et de la communication dans le domaine de l'éducation? In J. J. Scheffknecht (Ed.), *Les technologies de l'information à l'école: raisons et stratégies pour un investissement*. Strasbourg: Conseil de l'Europe.
- [11] Castells, M. (1999). *A Sociedade em rede*. São Paulo: Paz e Terra.
- [12] Castells, M. (2001). *O poder da identidade—a era da informação: economia, sociedade e cultura*, (2). São Paulo: Paz e Terra.
- [13] Castells, M. (2002). *The Internet Galaxy - Reflections on the Internet, Business, and Society*. Oxford University Press.
- [14] Castells, M. (2003). *O fim do milénio*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- [15] Consello Escolar de Galicia. *Evolución e Estado Actual do Sistema Educativo En Galicia- Cursos 2002-2003, 2003-2004, 2004-2005*. Consello Escolar de Galicia ed., 2006. Available from <http://www.edu.xunta.es/ftpserver/portal/CEG/Evolucion.pdf>.
- [16] Dusi, P. (2012). *The Family-School Relationships in Europe: A Research Review*, CEPS Journal, 2(1), pp. 13-33.
- [17] Fortin, M. F., Côte, J., & Fillion, F. (2009). *Fundamentos e etapas do processo de investigação*. Loures: Lusodidacta.
- [18] Gil, A. C. (1999). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo: Atlas.
- [19] Grant, L. (2009). *Children's role in home-school relationships and the role of digital technologies*. Future Lab. Reino Unido.
- [20] Groves, R. M., Fowler Jr, F. J., Couper, M. P., Lepkowski, J. M., Singer, E., & Tourangeau, R. (2011). *Survey methodology*, (561). John Wiley & Sons.
- [21] Guimarães, R. C., & Sarsfield Cabral, J. A. (2010). *Estatística*, 2ª Edição. Verlag Dashöfer.
- [22] Kryger, N., & Ravn, B. (2009). *Homework in Denmark: What kind of links between family and school*. *International Perspectives on Student Outcomes and Homework. Family-School-Community Partnerships*, 7-24.
- [23] Lévy, P. (2003). *Cibercultura*. São Paulo, 34.
- [24] Lima, L., & Sá, V. (2002). *A participação dos EE na governação democrática das escolas*. In: Lima, J. (Org.). *EE e professores, um desafio à cooperação*. Porto: Edições Asa.
- [25] Lourenço, L. P. R. (2008). *Envolvimento dos Encarregados de Educação na Escola: Conceções e Práticas*. Universidade de Lisboa.
- [26] Marôco, J. (2011). *Análise estatística com o SPSS Statistics*. ReportNumber, Lda.
- [27] Marques, R. (1992). *Colaboração Escola-Famílias: um conceito para melhorar a Educação*. *Ler Educação*, 8.
- [28] Marques, R. (1998). *Os desafios da sociedade de informação*. In R. Marques, M.
- [29] Mattelart, A. (2003). *The Information Society*. London: Sage Publications.
- [30] McLean, N. (2009). *Technology can bridge the gap between parents and schools*. *The Independent*.

⁵ Uma aplicação móvel, conhecida normalmente pelo nome abreviado App. Trata-se um software desenvolvido para ser instalado num dispositivo eletrónico, como um PDA, um telemóvel, um smartphone ou um leitor de MP3.

- [31] Montadon, C., & Perrenoud, P. (2001). Entre EE e Professores, um diálogo impossível? Para uma análise sociológica das interações entre a família e a escola. Oeiras: Celta.
- [32] Pardal, L., & Correia, E. (1995). Método e técnica de investigação social. Porto: Areal Editores.
- [33] Salvador, P., & Rocha, Á. (2014). An assessment of content quality in websites of basic and secondary Portuguese schools. In *New Perspectives in Information Systems and Technologies*, (1), 71-82. Springer International Publishing. Doi: 10.1007/978-3-319-05951-8_8.
- [34] Sarmiento, T., & Marques, J. (2002). A Escola e os EE, Coleção Infans. Braga: Centro de Estudos da Criança.
- [35] Skilbeck, M. (1998). Os sistemas educativos face à sociedade da informação. In R. Marques, M. Skilbeck, J. M. Alves, H. Steedman, M. Rangel & F. Pedró (Eds.), *Na sociedade da informação – O que aprender na escola?*. Coleção Perspectivas Actuais. Rio Tinto: Edições Asa, 11-32.
- [36] Silva, A. J. A., Pérez Cota, M., & Rocha, A. (2013). Electronic Handbook: Collaboration school-family in digital environments. In *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2013 8th Iberian Conference on (pp. 1-6). IEEE.
- [37] Silva, P. (2002). Escola-família: Tensões e potencialidades de uma relação. in Jorge Ávila de Lima (Org.), *EE e Professores, Um Desafio à Cooperação*. Porto, Edições ASA.
- [38] Tuckman, B. W. (2005). *Manual de investigação em Educação*, 3.^a Edição. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- [39] Martínez, C. M; Jiménez, G. L. (2007). Difusión del uso de Internet en España ¿Existe una brecha digital entre Comunidades Autónomas? revista de estudios regionales n° 80, I.S.S.N.: 0213-7585 (2007), PP. 193-228. Universidad Católica San Antonio. Spain.
- [40] Costello, A. & J. Osborne (2005). *Best Practices in Exploratory Factor Analysis: Four Recommendations for Getting the Most from your Analysis*. Practical Assessment, Research & Evaluation, 1-9.
- [41] Abreu, A.; Rocha, A.; Pérez, Cota, M. (2015) . The Electronic Booklet in the School-Family relationship: Perceptions of Teachers and Guardians. In *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2013 8th Iberian Conference.IEEE.

An Architecture for Organizational Memory Systems in Institutions of Higher Education

Andrés Melgar

Departamento de Ingeniería, Sección de Ingeniería
Informática, Grupo de Investigación en Reconocimiento de
Patrones e Inteligencia Artificial Aplicada,
Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Perú
amelgar@pucp.edu.pe

Alex Quilca

Escuela de Posgrado, Maestría en Informática, , Grupo de
Investigación en Reconocimiento de Patrones e Inteligencia
Artificial Aplicada,
Pontificia Universidad Católica del Perú
Lima, Perú

Abstract — The purpose of this paper is to define architecture for organizational memory systems in institutions of higher education. The aim arose from the identified problem, where the constructions of knowledge management systems are being handled in a rapid prototyping approach. In the rapid prototyping approach the acquired knowledge was encoded directly into an iteratively developed computer system and provides early versions of the system, however it's difficult to manage and maintain the final system. Furthermore, a state of the art survey identified few organizational memories studies in institutions of higher education despite being a natural place for research and knowledge management. This work proposes architecture for organizational memory that is based on CESM model and CommonKADS methodology; this architecture is concerned with the knowledge representation for semantic search of documents. Furthermore, a systematic review of the state of the art was performed to support the design of the architecture and compare the proposed architecture with the proposed architectures in the academic community.

Keywords - knowledge management; knowledge representation; ontologies; semantic annotation; semantic search; CommonKADS.

I. INTRODUCTION

A knowledge organization is one in which the key asset is knowledge; its competitive advantage comes from having and effectively using knowledge. The organization's ability to learn in this context is a function of its capacity to produce, preserve and retrieve knowledge acquired by its employees [1]. Organizational Memory (OM) can increase organizational effectiveness by supporting the coordination of information management work, the organization's responsiveness to changes, and the definition and pursuit of organizational goals [2]. It contains actual knowledge that companies need to manage [3].

The OM is concerned with the knowledge reuse and sharing for later use [4]. Is commonly defined in terms of its contents and processes [5]. The contents is a combination of experiences and skills about projects, products and decisions that is more often embedded in the minds of the workers, or entrenched in the organization's culture as tacit knowledge, rather than stored in formal documents, reports and manuals as explicit knowledge [6].

Knowledge Engineering supports OM processes providing a range of techniques for Knowledge Management (KM),

techniques such as coding, organization and knowledge retrieval making it accessible [7]. However, Knowledge Engineering is criticized for its rapid prototyping approach, in which acquired knowledge was encoded directly into an iteratively developed computer system. This approach was indeed rapid, but when used to deliver a final system, it became nearly impossible to verify and validate the system or to maintain it [8]. An architecture defines a set of structures to understand a system, and would support the successful construction of Organizational Memory Systems (OMS).

According to [9], industrial companies has already important results using KM. Despite the benefits of implementing an OM, these applications within institutions of higher education are scarce. Inside universities there are documents created in the course of teaching and research. These documents are testimony to the institution's memory, which can be resource for students, teachers, historians, researchers, and others [10]. In the systematic review performed few papers were related to institutions of higher education; and only one describes an architecture to support the building of OMS.

It is in this context that the question that addresses this research arises: *How to represent an architecture for organizational memory systems in institutions of higher education?* The proposed architecture is an alternative answer to this question. It uses the CESM model and the CommonKADS methodology. The CommonKADS provides a complete methodology for the development of knowledge based systems [11], the methodology describes principles, techniques, modeling languages, and document structures to assist in three phases of the construction of knowledge based systems.

The CommonKADS methodology has a predefined set of models [12]. The organizational model, task model, knowledge model, communication model and the design model. The organizational model supports the analysis of the major features of an organization, in order to discover problems and opportunities for knowledge systems, establish their feasibility, and assess the impacts on the organization of intended knowledge actions. The CESM model defines a system as a complex object whose parts or components are held together by bonds of some kind. These bonds are logical in the case of

a conceptual system, such as a theory; and they are material in the case of a concrete system [13].

This paper was structured in four sections. At first is presented the introduction. Secondly, it is presented the literature review. In the section three and four is detailed and discussed the architecture proposed. Finally, in the section five is discussed some relevant points and addressed future works.

II. LITERATURE REVIEW

There is little available research on OM in institutions of high education, despite being a natural place for research and the transfer of knowledge [9, 14]. A systematic review was conducted to find OM research in institutions of high education, resulting a total of twelve studies where conceptual architectures for OMS are proposed. The systematic review was conducted on following databases: Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore and ACM Digital Library. Were included as primary studies all those papers that would provide a conceptual architecture for OMS and excluded studies where the architectures are concerned in the design of software or information system, because such architectures are focused in a technological approach and not in conceptual issues. Three searches were executed. In all of these the search string was customized for each database to look for in the title, abstract and keywords.

The first search was conducted on February 21, 2016 (see Table 1) and the following terms were used: “(organizational memory and university) or (organizational memory and education) or (corporate memory and university) or (corporate memory and education) or (institutional memory and university) or (institutional memory and education)”.

TABLE I. SEARCH RESULTS FOR OM IN INSTITUTIONS OF HIGH EDUCATION

Database	Results	Relevant studies
Scopus	91	1
ScienceDirect	6	0
ACM DL	1	0
IEEE Xplore	12	1

The first search strategy identified only one paper that proposes an architecture for OM, so a new search was conducted for expanding the results without the restriction of education and universities context. The search string for the second search was “(organizational memory AND architecture) OR (corporate memory AND architecture) OR (institutional memory AND architecture)”. The search identified twelve relevant papers. The relevant studies returned from Science Direct, ACM DL and IEEE Xplore were included in the results from the Scopus database.

A third search was conducted for expanding results, because, some papers could be related to architectures for OMS without having the term “architecture”. The search string was “(organizational memory AND framework) OR (corporate memory AND framework) OR (institutional memory AND framework)” and nine paper that proposes an architecture for

OMS was found. The result of the third search was included inside the result of the second search. A total of twelve papers were selected, these papers are described below.

TABLE II. SEARCH RESULTS FOR OM ARCHITECTURE

Database	Results	Relevant studies
Scopus	88	12
ScienceDirect	12	2
ACM DL	5	1
IEEE Xplore	10	2

TABLE III. SEARCH RESULTS FOR OM FRAMEWORK

Database	Results	Relevant studies
Scopus	171	9
ScienceDirect	15	0
ACM DL	0	0
IEEE Xplore	0	0

[15] presents a general architecture for OM, it was derived by abstracting from three case studies and has been evolved over several years. It has been used as a general schema or template for approaching other OM projects in the domain of helpdesks and customer support. The conceptual framework can be developed towards a technology with generic modular system components and an established project methodology. The core of the system stands is the information depository (data, knowledge and documents), in which can be distinguished three information layers: case-specific information, general information and the ontological or the meta information layer. The central information depository is accessed by a number of basic information management and processing services.

[16] describes the architecture of an OM for road safety analysis. The proposed architecture consists of a knowledge-based system that exploits all knowledge assets available in the organization, that captures and formalizes domain theory as well as expertise know-how and experiences. That system consists of an environment that integrates all knowledge assets already existing in the organization as well as formalized domain theory and practices, offers tools to build and maintain the OM and implements multiple tasks that exploit its contents. The OM is composed of several knowledge assets: computerized databases, electronic documents, domain ontologies, declarative tasks models, knowledge bases and case bases containing solved problems.

[17] proposes a conceptual architecture that relies on the creation and management of an ontology-based OM. Ontology is used to create and organize content metadata and to provide a shared understanding across the organization. The ontology is also used to describe the organization, the domain in the organization works, its competences and organizational documents. Each object in the system (i.e., employee, competence, knowledge object, role) is an OWL object that can

be uniquely identified by an URI. All the objects are described by a number of concepts of the domain ontology and can thus be retrieved by similarity-based techniques using the vector cosine-ranking algorithm.

[18] describe a software architecture to manage OM based on multi-agents, semantic web technologies and distributed memory. The memory resources are annotated using the Resource Description Framework (RDF) Schema.

[19] proposes a two-tier OM. At tier one only rudimentary KM can be achieved, each document is annotated with meta-information that supports effective query and retrieval through a document management system. At tier two, measures are taken to support computer-aided utilization of those information resources whose contents are highly structured or procedural in nature, among the measures a Knowledge Record (KR) scheme is the core, as part of the KR scheme, the trio of logic, ontology and computation is adopted as the KR constructs, and topic maps in XML syntax is chosen as the representation technology.

[20] defines the Onto-DOM architecture to represent in a homogenous way knowledge sources that are heterogeneous in nature, that has three main components: i) information retrieval and processing layer: it is responsible for user query analysis, query transformation into matching format and information retrieval; ii) knowledge representation layer: this component is responsible for the knowledge extraction and representation from heterogeneous sources. Propose a strategy for semantic document representation where ontologies are used as the main structure for the classification process, the domain ontologies contain all the relevant concepts and relationships in a given domain; and iii) other domains interface: it is responsible for propagating the user query to OM in different domains that can provide an answer.

[9] presents an OM architecture of an institutions of higher education, that is capable of integrating different ontologies, and moreover to allow reasoning and intelligent information retrieval. The architecture is composed of five levels: exploration, capitalization, management, retrieval and knowledge base. The layer knowledge base is built on the basis of four ontologies: the user profile ontology, the domain ontology, the ontology of context and ontology information.

[21] design an architecture based on memory space and web services. Memory space is a container of organizational knowledge where all the memories generated by the system are stored. This architecture have 5 layers: user layer, application and services layer, model layer, data layer and external data layer. The knowledge base is represented using RFD.

[22] proposes an OM architecture, in that architecture organizations are composed of several functional units (i.e., areas, departments, groups, practices communities). Each functional unit is a knowledge domain that fulfills autonomy and coordination principles allowing a KM approach based on a distributed architecture.

[23] propose an architecture for improving OM system implementation. The goal is to gain a better understanding of how some factors are critical for the successful application of OM system. Is based on nine layers designed to establish the

levels of the system and knowledge as well as the layout of the elements that must integrated an information system.

[24] They present a conceptual model whose building block is the knowledge activities involving in knowing processes (i.e., knowledge creation, knowledge sharing, knowledge representation, knowledge retrieval). This architecture allows us to develop distributed OM systems.

[7] They develop a framework for OM based on the semantic web. The approach gleans information from the documents, converts into a semantic web resource using RDF and RDF Schema.

III. ARCHITECTURE PROPOSED

First, this section describes problems and opportunities within a broader business perspective of institutions of higher education. The organization's problems and opportunities were analyzed according to the worksheet OM-1 of the CommonKADS methodology (see Table 4). Two main problems were identified: i) the OM resides in different retainers (e.g., students, professor, researchers, articles, thesis, learning resources), so is difficult to find the right information at the right time; ii) most of research resources are unstructured, retrieval of unstructured data is not a trivial task. Two opportunities were identified: i) the use of ontologies to represent research resources allows us to perform semantic searches and infer new knowledge, ii) the universities has two primary missions: knowledge transfer and research. In this context, we proposed an architecture for institutions of higher education as alternative solution. The main goal of this architecture is perform semantic search over the OM.

TABLE IV. WORKSHEET OM-1: IDENTIFYING PROBLEMS AND OPPORTUNITIES IN HIGHER EDUCATION

Problems	The OM resides in different retainers Unstructured learning and research resources.
Opportunities	The use of ontologies to represent research resources The universities have two primary purposes: knowledge transfer and research.
Organizational context	Few OM frameworks There are no OM frameworks in higher education.

The proposed architecture is based on CESM model and describes the components (C), environment (E), structure (S) and mechanism (M) [13]. This architecture (see table 5) is concerned in knowledge representation for research resources (knowledge retainer like: thesis, papers, magazines, books).

TABLE V. ARCHITECTURE DESCRIPTION

Composition	Environment	Structure	Mechanism
Users	Need for learning and research resources	Research resources with semantic annotations.	Search view
Document repository			Knowledge view
Knowledge repository			Document view

In Figure 1, the architecture is presented in a block diagram. The architecture is comprised of users (in this study:

students, professors, researchers), document repository, knowledge repository and visualization components. Users interact with the system through search views, knowledge and documents views. Thus, users may access a research document in a particular research area. The environment is determined by the need for users to retrieve resources from previous research. The document repository should be enriched with semantic annotations to improve the results of relevant research search; these semantic annotations are mapped to ontologies. The search view is a mechanism to find a research document based on an input text or select the resource through various research areas. The views of knowledge and view documents are mechanisms that allow users to retrieve a specific document.

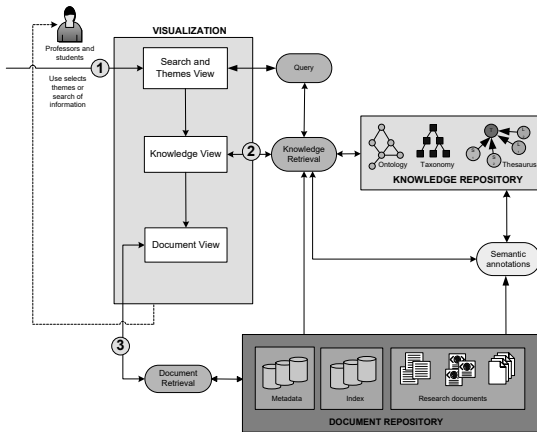


Figure 1. Proposed architecture for institutions of higher education

The following describes each of the components of this architecture.

A. Composition (C)

Users: Users represent students, professor and researchers of institutions of higher education. These users interact with the visualization component motivated by the need to access piece of knowledge.

Document Repository: The document repository represents the research resources from which the knowledge is recovered. In the proposed architecture a semantic layer has been added to formalize the knowledge from research resources (e.g., theses, papers, magazines). The document repository is based on the work of [25], this document repository is formed by four levels: i) descriptive level, ii) metadata level, iii) content level and iv) semantic level. The descriptive level identifies the document in the repository using identity attributes (e.g., code, name, description, document format), physical attributes (e.g., physical location of the document) and bibliographic attributes (e.g., name, author, creation date, version). The metadata level describes the structure of the information stored, for example in a paper repository of computer sciences, metadata describes paper title, authors, keywords, research area, etc; in a thesis repository describes the metadata describes title, authors, university, faculty, thesis advisor, etc. The content level provides the necessary structures to store the documents and associated metadata. The semantic level enables the association

of semantic content to the documents (e.g., mapping the documents to classes and instances defined in an ontology).

Knowledge Repository: The knowledge repository is the component that represents the knowledge domain used to mapping the documents to the ontology and infers new knowledge from existing knowledge. Ontologies, taxonomies and thesaurus can be used to represent the knowledge. For example, research in computer sciences can use the computing ontology [26], moreover, there are ontologies for other areas of knowledge like agriculture, aviation, biology, chemistry, civil engineering, computer sciences [27]. Inferences can be made through relationships that are defined in the ontology, e.g. parallel algorithms are part of the theory of analysis and design of algorithms, the theory of analysis and design of algorithms are part of the theory of computation, so the parallel algorithms are part of the theory of computation.

Visualization: The visualization component presents the research resources to the user that requires that resource.

B. Environment (E)

Users (teachers and students) require research resources to meet their request of information. Those request of information are important in institutions of higher education, because knowledge transfer and research its primary objectives.

C. Structure (S)

The document repository should be enriched with semantic annotations to improve the results of relevant research search; these semantic annotations are mapped to ontologies. For example, in a computer sciences program, the computing ontology can be used [26] to enriched books like [28] or any other document of the document repository. Figure 2 shows one document that contains knowledge related to linear and binary search algorithms, these search algorithms are examples of important algorithms, finally these algorithms are part of the theory of algorithms and complexity, so it can be inferred that the linear and binary search algorithms are part of the theory of algorithms and complexity.

13.1.4 Comparing Algorithms

So far, we have developed two solutions to our simple searching problem. Which one is better? Well, that depends on what exactly we mean by better. The linear search algorithm is much easier to understand and implement. On the other hand, we expect that the binary search is more efficient, because it doesn't have to look at every value in the list. Intuitively, then, we might expect the linear search to be a better choice for small lists and binary search a better choice for larger lists. How could we actually confirm such intuitions?

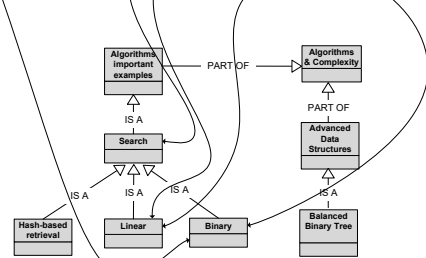


Figure 1: An example of semantic annotations to one book. Based on [28].

D. Mechanism (M)

Search View: The search view process begins when one user requires research resources, the user enters a search string to retrieve relevant for the user. Furthermore, this view should allow filter the results, for example in academic papers, those filters can be: research area, author, and issue date, among others.

Knowledge View: Once the user enters the search string to recover the relevant information, the system must return to the user the search result (a list with title, author, among others), these search result must contain the associated knowledge (concepts and relationships of the ontology). For example in academic articles of computer sciences, if the user enters the search test "semantic analysis", the system could return academic articles with associated knowledge of compilers, semantic web, natural processing language, among others; then the user selects the articles of the research area of his interest. If the user is interested in compilers construction, he must select the documents with knowledge of concepts or relationship associated to compilers construction.

Document View: In this process, the user retrieves a specific document selected in the knowledge view. For example if the user selects a document with knowledge of compiler construction, this view presents to the user the academic article.

IV. DISCUSSIONS

A. State of art about OM architectures

The state of the art shows that there is little research about OM in institutions of higher education. The first search of the systematic review returns only one paper related to a conceptual architecture for OM. Therefore, it was necessary conduct two additional searches to find more information related, these new searches expands the results in others domains. A total of twelve studies were analyzed.

All the architectures for OM of the state of the art are based on ontologies, because it allows add semantic information to the research resources (document repository), facilitating the construction of knowledge bases. For some articles, the ontologies are the core of their architecture while the other architectures were composed by specific case bases, knowledge bases, users, document repository and ontology engineers.

The review shows that it is possible add semantic information to the organization's document, allowing information retrieval based on inferences and not only based on its content stored in some fields of a relational database. This semantic information is achieved with semantic annotations and linking them to the ontologies that has been defined.

B. Comparison of the state of the art and the proposed architecture

The proposed architecture was compared with the architectures of the systematic review. The proposed architecture has many similarities with the architectures of the systematic review, because they share many common elements such as users, tools for interacting with the system, document repository and ontologies to add semantic content to the

information and documents, but the proposed architecture also differ from the architectures of the systematic review, since it is focused on knowledge representation.

Some authors emphasize the knowledge acquisition process and the ontology update, while in the proposed architecture these processes are not described because it is focused on knowledge representation. So the proposed architecture do not describe an ontology manager updating the ontology and do not detail the knowledge acquisition process that adds new documents and linked them to the defined ontology.

The proposed architecture only considers documents (research resources) as knowledge resource because institutions of higher education have two primary missions: knowledge dissemination and research, which are described as knowledge intensive tasks. The proposed architecture is focusing on supporting research adding semantic content to the documents and then allowing inferences. While the architectures of the systematic review considered other knowledge resources such as databases, intranets, knowledge bases and case bases containing solutions to specific problems.

Some of the architectures use one domain ontology that can have interfaces that propagate searches to other domain ontologies. The proposed architecture use only one ontology in the domain of education but could be change to other domains like agriculture, aviation, biology, chemistry, civil engineering, computer sciences, etc [27].

Some architectures of the systematic review have and automated process for acquiring knowledge from different sources like relational databases, documents, intranets, and also requires and ontology engineer for support that process. The proposed architecture does not define a process for acquiring knowledge automatically.

V. CONCLUSIONS

This research proposed and architecture for OMS in institutions of higher education. To support the design of the proposed architecture a systematic review was conducted, also the CESM model and the CommonKADS methodology was used to structure the architecture.

All the architectures for OMS of the systematic review are based on ontologies, it allows add semantic content to the information and documents, facilitating the construction of knowledge bases. Semantic content can be added to documents, allowing information retrieval based on inference and not only for the content of a relational database field. This is achieved with semantic annotations to documents and linking them to defined ontologies.

The proposed architecture has many similarities with the architectures of the systematic review, because they share many common elements such as users, tools for interacting with the system, document repository and ontologies to add semantic content to the information and documents, but the proposed architecture also differ because it's focusing on knowledge representation.

The next goal is to design a framework based in the proposed architecture to manage knowledge of research

projects using semantic structures in a academic program in a university using an ontology for education. Then a prototype must be developed to validate the features of the architecture.

It is convenient to perform a systematic review to clarify and see how the definition of KM and OM are supplemented, because there is confusion about their definition and are used interchangeably.

Finally, the proposed architecture could be tested in other industries outside higher education like government, health.

REFERENCES

- [1] H. Bukari Zakaria and A. Mamman, "Where is the Organisational Memory? A Tale of Local Government Employees in Ghana," *Public Organization Review*, pp. 1-13, 2014/03/29 2014.
- [2] D. Nevo and Y. Wand, "Organizational memory information systems: A transactive memory approach," *Decision Support Systems*, vol. 39, pp. 549-562, 2005.
- [3] D. G. Schwartz, "When email meets organizational memories: addressing threats to communication in a learning organization," *International Journal of Human Computer Studies*, vol. 51, pp. 599-614, 1999.
- [4] M. S. Ackerman and C. A. Halverson, "Reexamining Organizational Memory," *Communications of the ACM*, vol. 43, pp. 59-64, 2000.
- [5] E. W. Stein, "Organization memory: Review of concepts and recommendations for management," *International Journal of Information Management*, vol. 15, pp. 17-32, 1995.
- [6] M. E. Atwood, "Organizational memory systems: challenges for information technology," presented at the Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, Big Island, Hawaii 2002.
- [7] N. Khilwani and J. A. Harding, "Managing corporate memory on the semantic web," *Journal of Intelligent Manufacturing*, pp. 1-18, 2014.
- [8] J. Kingston and A. Macintosh, "Knowledge management through multi-perspective modelling: representing and distributing organizational memory," *Knowledge-Based Systems*, vol. 13, pp. 121-131, 4// 2000.
- [9] A. Laoufi, S. Mouhim, E. H. Megder, and C. Cherkaoui, "An ontology based architecture to support the knowledge management in higher education," presented at the International Conference on Multimedia Computing and Systems, Ouarzazate, Morocco, 2011.
- [10] F. S. Carpes and D. Flores, "Archives university and university of memory," *Informacao e Sociedade*, vol. 23, pp. 13-22, 2013.
- [11] D. Sutton and V. Patkar, "CommonKADS analysis and description of a knowledge based system for the assessment of breast cancer," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, pp. 2411-2423, 2009.
- [12] G. Schreiber, *Knowledge engineering and management: the CommonKADS methodology*: MIT press, 2000.
- [13] M. Bunge, *Chasing reality: Strife over realism*: University of Toronto Press, 2006.
- [14] K. Dalkir, "Organizational memory in institutions of higher education: A case study," *Knowledge Management*, vol. 12, pp. 43-56, 2013.
- [15] O. Kühn and A. Abecker, "Corporate memories for knowledge management in industrial practice: Prospects and challenges," *Journal of Universal Computer Science*, vol. 3, pp. 929-954, 1997.
- [16] A. C. Boury-Brisset and N. Tourigny, "Knowledge capitalization through case bases and knowledge engineering for road safety analysis," *Knowledge-Based Systems*, vol. 13, pp. 297-305, 2000.
- [17] A. Zouaq, C. Frasson, and R. Nkambou, "An Ontology-Based Solution for Knowledge Management and eLearning Integration," in *Intelligent Tutoring Systems*. vol. 4053, M. Ikeda, K. Ashley, and T.-W. Chan, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2006, pp. 716-718.
- [18] F. Gandon, L. Berthelot, and R. Dieng-Kuntz, "A multi-agent platform for a corporate semantic web," presented at the First international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems, Bologna, Italy, 2002.
- [19] T. L. Ju, "Representing organizational memory for computer-aided utilization," *Journal of Information Science*, vol. 32, pp. 420-433, 2006.
- [20] M. Ale, C. Gerarduzzi, O. Chiotti, and M. Galli, "Organizational Knowledge Sources Integration through an Ontology-Based Approach: The Onto-DOM Architecture," in *Emerging Technologies and Information Systems for the Knowledge Society*. vol. 5288, M. Lytras, J. Carroll, E. Damiani, and R. Tennyson, Eds., ed: Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 441-450.
- [21] L. Ou, W. Jun, and Z. Dalu, "A Web knowledge service system based on memory space," presented at the International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), Harbin, China, 2011.
- [22] C. M. Toledo, M. A. Ale, O. Chiotti, and M. R. Galli, "An ontology-driven document retrieval strategy for organizational knowledge management systems," *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, vol. 281, pp. 21-34, 2011.
- [23] O. Cairo and O. O. Galicia, "A framework for improving an organizational memory information system's deployment architecture," presented at the European Conference on Knowledge Management, ECKM, Kaunas; Lithuania, 2013.
- [24] M. A. Ale, C. M. Toledo, O. Chiotti, and M. R. Galli, "A conceptual model and technological support for organizational knowledge management," *Science of Computer Programming*, vol. 95, Part 1, pp. 73-92, 12/1/ 2014.
- [25] A. Melgar, F. D. Beppler, and R. C. S. Pacheco, "A model for knowledge visualization based on visual archetypes," *Acta Scientiarum - Technology*, vol. 34, pp. 381-389, 2012.
- [26] L. N. Cassel, R. H. Sloan, G. Davies, H. Topi, and A. McGettrick, "The computing ontology project: The computing education application," presented at the SIGCSE 2007: 38th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education, Covington, KY; United States, 2007.
- [27] N. M. Meenachi and M. S. Baba, "Article: A Survey on Usage of Ontology in Different Domain," *International Journal of Applied*, vol. 4, pp. 46-55, 2012.
- [28] J. Zelle, *Python Programming: An Introduction to Computer Science*, 2002.

Barreras en la Implementación de la Historia Clínica Electrónica

Barriers to Implement Electronic Health Records

Maldonado Carlos, Bayona Oré Sussy

Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Lima – Perú

cmaldonado55@yahoo.com, sbayonao@hotmail.com

Resumo — La Historia Clínica Electrónica (HCE) tiene por finalidad reemplazar el uso de la historia clínica manuscrita (HCM) en la atención de pacientes. Su implementación trae consigo beneficios pero aún existen barreras. El objetivo de este estudio es identificar las barreras que impactan en la implantación de la HCE en establecimientos de salud. Como resultado de la revisión sistemática se seleccionaron inicialmente 156 artículos a través de una selección automática en las bases de datos y finalmente se seleccionaron de 9 artículos primarios y 8 artículos basados en revisión sistemática de la literatura. Como resultado se identificaron las barreras para la implementación de la HCE entre ellas, altos costos, infraestructura tecnológica y aspectos de seguridad y organización son las principales limitaciones.

Palabras Clave – HCE; EHR; historia clínica electrónica; barrera.

Abstract — The aim of implementing Electronic Health Record (EHR) is to replace the use of handwritten medical records in patient care. Despite of the benefits of EHR implementation, still there are still limitations. The aim of this study is to identify the barriers that impact the EHR implementation in health. A systematic review was conducted in order to identify the barriers. As a result 156 articles were identified and finally were selected 9 primary articles and 8 articles based on systematic review of the literature. A list of barriers were identified and categorized. Financial, technological, security, and organizational aspects are the most important limitations.

Keywords – HCE; EHR; electronic health records; barriers.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la esperanza de vida al nacer y el tiempo de vida promedio de la población se ha incrementado [1] y la prestación de asistencia sanitaria es insuficiente para atender a la población [2], incrementando los gastos en salud. En el Perú, el gasto en salud se ha incrementado del 4,8% del PBI en el 2011 al 5,3% en el 2013 [3]. En el año 2013 se gastó en salud el 10% del PBI del mundo [4], es decir un gasto anual per cápita de US\$ 1,038, de los cuales el 18.6 % no es cobertura de un seguro. Diversos autores afirman que la asistencia sanitaria puede mejorarse mediante el uso de la Historia Clínica Electrónica (HCE). Entre las mejoras se mencionan la calidad de la data [5], servicio al paciente [6], extracción de datos relevantes de la historia clínica [7], la toma de decisiones [8],

ahorro de dinero y la eficiencia en el cuidado de la salud [9], entre otros. Es decir, la HCE ofrece beneficios tales como: los resultados clínicos, resultados para la organización, y resultados para la sociedad [10].

Sin embargo, la implementación de la HCE no sólo representa beneficios sino también, inconvenientes tales como, los altos costos iniciales de adquisición [11] [12] [13] [14], costos de mantenimiento [12] [14], interrupciones en los flujos de trabajo que constituyen pérdidas temporales de productividad durante el aprendizaje de un nuevo sistema [12] [13], y problemas potenciales de privacidad percibidos entre los pacientes [10] [15]. A pesar que los médicos reconocen los beneficios de una HCE, se tiene una limitada aceptación de esta tecnología el cual representa un serio inconveniente para su implementación exitosa [16]. Entre las barreras que perciben podemos mencionar: la falta de acceso al capital necesario por parte de los proveedores de servicios de salud, la complejidad de los sistemas, preocupaciones sobre la privacidad y las barreras legales [17]. La resistencia de los médicos a los sistemas de HCE se ha atribuido a la preocupación acerca de su integración efectiva en el flujo de trabajo diario, a falta de tiempo, de confidencialidad y de privacidad, altas inversiones en tecnología, o de la baja familiaridad de algunos profesionales con la tecnología [18] [19] [20].

Es importante entonces que las barreras y los potenciales problemas sean identificados previos a la implementación de la HCE [21]. Este artículo está organizado en 5 secciones. La primera sección presenta la introducción. La Sección 2 presenta las bases teóricas de la investigación. La Sección 3 describe la metodología para la revisión de la literatura. En la Sección 4, se presenta la lista de las barreras identificadas mediante la revisión de literatura. En la Sección 5 se presenta la discusión de los resultados. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las conclusiones.

II. CONTEXTO

A. Historia Clínica Electronica

La Historia Clínica Electrónica (HCE) o Registro Clínico Electrónico (RCE), y los conceptos relacionados a este como son el registro médico electrónico (EMR), el registro de salud electrónico (EHR) o el registro electrónico de pacientes (PER), hacen referencia a los sistemas de información de salud electrónicos, como los encargados de registrar y almacenar

electrónicamente información administrativa, médica o ambas, de los pacientes [22]. Según la ISO 13606 la HCE es un repositorio de datos de un paciente en un formato digital, almacenados de una manera segura y accesible a usuarios autorizados.

B. Ventajas de la Historia Clínica Electrónica

La incorporación de la HCE en los establecimientos de salud es un reto y a la vez indispensable, para poder cumplir con los niveles de eficiencia, seguridad y calidad que los usuarios de los servicios de salud y la viabilidad del sistema de salud del país demandan. Algunas de las ventajas más saltantes de la HCE frente a la Historia Clínica Manuscrita (HCM) se muestran en la Tabla I, que fuera elaborada por la Comisión de Salud y Población del Congreso de la República del Perú [23], como sustento del anteproyecto de ley que crea el Registro Nacional de Historia Clínica Electrónica y que finalmente fuera promulgada como la Ley 30024 en el año 2013 [24].

TABLA I Características de la HCE y HCM

Variable	Historia Clínica electrónica	Historia clínica manuscrita
Disponibilidad	Disponible en todo momento,	Disponible en un solo lugar físico
Información	Contiene información completa	La información a veces es parcial.
Redacción	La información consignada siempre es legible.	La información consignada no siempre es legible
Médico tratante	Siempre se identifica al médico tratante.	A veces no se consigna el nombre y la firma del médico tratante.
Fecha y hora	Siempre se consigna la fecha y hora.	A veces no se consigna la fecha y hora
Seguridad de la información	Es mínimo el riesgo de la información archivada	Información expuesta a potenciales riesgos
Transferencia de información	No es necesario enviarla físicamente (virtual)	Es necesario enviarla físicamente al interesado
Identificación del que consulta la información	Siempre se podrá identificar al usuario que accedió a la información	Difícil llevar un registro de las personas que acceden a la información

Además de los beneficios señalados, existen otros beneficios potenciales de la HCE que dependiendo de la aceptación que tenga por parte del profesional asistencial y el soporte organizacional que se le pueda brindar, podrán obtenerse beneficios como: 1) mejorar la calidad de la atención al paciente, 2) empoderar al ciudadano para que tome parte activa en las decisiones sobre su salud, 3) ofrecer una trazabilidad de los cuidados preventiva, 4) permitir el intercambio fluido de conocimientos entre profesionales, 5) disminuir la redundancia de pruebas y tratamientos, e 6) incrementar la seguridad del paciente.

Con el avance de la tecnología y su difusión entre la población, como señala Beard et al. [25], existe una tensión entre la creciente demanda de los consumidores por el acceso a la información y los sistemas de salud. El diseño de una solución efectiva para este problema requiere de un conocimiento profundo de las barreras, que se interponen en el camino, para poder brindar a los pacientes el acceso electrónico

a sus datos de salud. Según Cresswella & Sheikh [26], la navegación en las bases de datos y la interpretación del conjunto de resultados en torno a la implantación de las Tecnologías de la Información en Salud como la HCE es algo difícil, por la falta de conceptos integradores de los factores más importantes, como la adopción, despliegue, difusión, aplicación, integración, estandarización y el uso continuo. Es importante entonces que las barreras y los potenciales problemas sean identificados previos a la implementación de la HCE en un establecimiento de salud en particular. Con este propósito se conduce una revisión de literatura basado en Kitchenham & Charters [27].

III. METODOLOGÍA DE REVISIÓN

Según Kitchenham & Charters, la revisión sistemática de la literatura es un medio para identificar, evaluar e interpretar todas las investigaciones disponibles acerca de una pregunta de investigación, o área temática, o fenómeno de interés. Establecen tres etapas fundamentalmente como son, el planeamiento, la conducción de la revisión y los reportes de resultados de la revisión (véase Fig. 1), contenidos en un protocolo que guía el proceso en conjunto. Los estudios individuales que contribuyen a una revisión sistemática se llaman estudios primarios mientras que una revisión sistemática es una forma de estudio secundario.

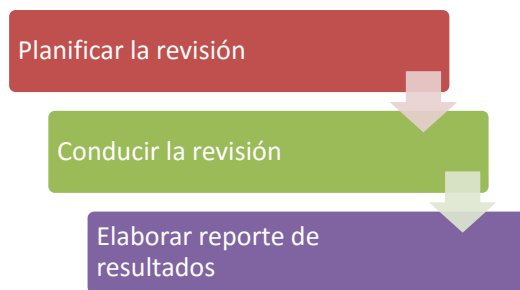


Figure 1. Protocolo para la revisión sistemática

Se desarrolló el protocolo de revisión sistemática en el que se especificó la pregunta de investigación, estrategia de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión, criterios de calidad, extracción de datos y síntesis de los resultados.

Se presenta los objetivos y se define el protocolo de revisión. En este caso, el objetivo principal de la investigación es determinar las barreras para la implementación de HCE para ser usados en un futuro modelo de adopción.

A. Planificar la Revisión

1) Pregunta de investigación

- ¿Qué es lo que se conoce actualmente sobre las barreras o factores que restringen la implantación de la Historia Clínica Electrónica en centros asistenciales?

Para alcanzar el objetivo y dar respuesta a la pregunta de investigación es necesario establecer las palabras claves que serán usadas en las cadenas de búsqueda.

2) *Criterios de Inclusión y Exclusión*

Los criterios de Inclusión fueron:

- Artículos publicados entre enero 2010 y diciembre 2015.
- Bases de datos que incluye journals, artículos de conferencias enfocados en las barreras y limitaciones en la implementación de la HCE.
- Disponibilidad de los textos completos de los artículos.
- Artículos escritos en Inglés.

Los criterios de exclusión fueron:

- Artículos que no son relevantes para la pregunta de investigación.
- Artículos duplicados se eliminan.
- Estudios que no estaban enfocados en la HCE, que no identificaban ni definían barreras, aquellos que solo describían una experiencia, que se basaban solo en opiniones de expertos, editoriales ó resúmenes de artículos ó revisiones de artículos ó discusiones.

3) *Estrategia de búsqueda*

Se identificaron las fuentes de datos. Las fuentes de datos empleadas en la búsqueda de artículos relacionados con la pregunta de investigación fueron Science Direct y Mendeley. Estos fueron seleccionados luego de comprobar que son las que cuentan con el mayor número de artículos indexados vinculados al estudio y que además se podía contar con acceso al texto completo de los artículos.

Para la búsqueda se emplearon términos que permitieron obtener la mayor cantidad publicaciones sobre experiencias en la implantación de la HCE, para lo cual se hizo una búsqueda previa de todos los términos con los cuales se reconocen a las Historias Clínicas Electrónicas (HCE) en la literatura en inglés. Entre estos términos están "electronic health records" y "electronic medical records". Para la identificación de los factores que condicionan o son críticos para la implementación de la HCE se estableció que el término más comúnmente empleado era "barriers", en combinación con los términos "acceptance" y "adopting".

Para elaborar la cadena de búsqueda se emplearon las la combinación de términos siguientes en ambas bases de datos: 1) "barriers", "acceptance" y "electronic medical records", 2) "barriers", "acceptance" y "electronic health records", 3) "barriers", "adopting" y "electronic medical records" y 4) "barriers", "adopting" y "electronic health records".

4) *Procedimiento para seleccionar un estudio.*

La selección de los estudios se realizó siguiendo los siguientes pasos:

- Paso 1. Se realizó una búsqueda automática en las bases de datos empleando las cadenas de búsqueda y se

descartaron por el título del estudio todos aquellos que no estaban relacionados con el objeto del estudio.

- Paso 2. Se revisó el resumen de los preseleccionados en el paso 1 y se descartaron todos aquellos que eran irrelevantes para el objetivo del estudio.
- Paso 3. Se revisó la introducción, la metodología y las conclusiones de los estudios seleccionados en el paso 2 y se descartaron de acuerdo a los criterios de exclusión.
- Paso 4. Se revisó con detenimiento el texto del artículo y se descartaron aquellos que no correspondían a estudios e investigación, no presentaban datos demográficos precisos del estudio, no se emplearon métodos de recolección y caculo adecuados, no eran relevantes o por falta de rigor científico. Finalmente, se obtiene la relación de los estudios primarios.

5) *Evaluación de calidad de datos.*

Los estudios seleccionados fueron evaluados por los autores teniendo en cuenta los tres aspectos: rigor, credibilidad y relevancia.

6) *Extracción de datos.*

A fin de poder contar con datos para distintos análisis, se elaboró una ficha para extraer los datos en MS Excel. Los datos que se incluyeron en la ficha son los siguientes: Autor del artículo, País donde se realizó el estudio, Año en que se publicó el estudio, Título del artículo, Antecedentes / objetivos, Método empleado, Base de datos consultada, Población / muestra, Años de búsqueda, Filtros empleados, Número de artículos / encuestados, Función de los encuestados, Factores críticos / barreras y Conclusiones y Palabras clave.

7) *Síntesis de los datos.*

Se aseguró que con la información se pueda responder a la pregunta de investigación, para lo cual se analizó el contenido de cada uno de los artículos.

B. *Conducir la revisión.*

La revisión se llevó a cabo siguiendo el protocolo y se inició con la búsqueda automática de las bases de datos Science Direct y Mendeley. El proceso de búsqueda de los estudios se llevó a cabo entre el 05/08/2015 y el 20/08/2015. En la búsqueda automática realizada en base de datos Mendeley se emplearon textos de búsqueda producto de la combinación de los términos antes establecidos, tratando de que se asemeje lo mejor posible a la búsqueda en la base de datos ScienceDirect, para lo cual se empleó la opción de búsqueda "Literature Search" y las operaciones de búsqueda avanzadas con el operador lógico AND, los delimitadores para búsquedas exactas como la doble comilla y el campo Año, dando lugar a las siguientes frases de búsqueda:

- barriers AND acceptance AND "electronic medical records" AND year:[2010 TO 2015]
- barriers AND acceptance AND "electronic health records" AND year:[2010 TO 2015]
- barriers AND adopting AND "electronic medical records" AND year:[2010 TO 2015]

- barriers AND adopting AND "electronic health records" AND year:[2010 TO 2015]

En el caso de la búsqueda en la base de datos ScienceDirect se empleó la siguiente estrategia de búsqueda: En el campo "Search for" se ingresó las mismas frases de búsqueda que en el caso de la base de datos Mendeley, haciendo uso del operador AND y el campo "Abstract, Title, Keywords". De la relación inicial de estudios se eliminaron las redundancias cuando el título, los autores y el año de publicación coincidían, quedando una selección inicial de 156 artículos a los cuales luego de aplicar los criterios de selección y exclusión planteados se obtuvo la relación final de 9 artículos primarios seleccionados para el presente estudio.

C. Elaborar reporte de resultados

Los resultados del proceso de revisión se presentan a mayor detalle en la sección IV.

IV. RESULTADOS

El 100% de las publicaciones seleccionadas en el estudio son indexadas y corresponden a artículos de revistas. Cada uno de los artículos seleccionados fue revisado en cuanto al contenido. Como resultado de la revisión se identificaron las barreras para la implementación de la HCE.

A. Publicaciones

Como puede observarse en la Tabla II el número de publicaciones que incluyen artículos que tratan sobre las barreras en la implantación de la HCE son diversas y prestigiosas a nivel internacional. Asimismo, se aprecia que el

tema no ha dejado de ser tratado por distintas publicaciones en los últimos 6 años, lo que demuestra la vigencia del problema y su importancia. Los estudios seleccionados corresponden a países de Europa, Asia, Oceanía y de Norteamérica.

TABLA II CRONOLOGÍA DE PUBLICACIONES SELECCIONADAS

Revistas*	2010	2011	2012	2013	2014	2015
HC					x	
IJOMI	x		x		x	xx
JCJOQAPS			x			
PCS				x		
TAJOEM					x	

*Healthcare (HC), International Journal of Medical Informatics (IJOMI), Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety (JCJOQAPS), Procedia Computer Science (PCS)

B. Barreras en la implantación de HCE

De cada uno de los estudios seleccionados se extrajeron los factores que en opinión de los autores incidieron en el resultado de la implementación de la HCE en establecimientos de salud que van desde centros de salud en zonas alejadas hasta grandes hospitales universitarios en metrópolis. En la mayoría de los casos los encuestados han sido médicos, pero también a enfermeras, profesionales de la salud en general e incluso a usuarios de los servicios de salud que, como interesados son cada vez más influyentes en la decisión de implementación de la HCE.

TABLA III BARRERAS EN LA IMPLANTACIÓN DE HCE

N	Barreras	Autores								
		[12]	[14]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]
1	Costos de inicio y mantenimiento, ROI, financiamiento.	x	x	x		x	x	x	x	x
2	Gestión del hospital, incentivos, transparencia, rotación de personal, capacidad para seleccionar, contratar e implantar la HCE, tipo y tamaño de la organización, apoyo gerencial, cultura, liderazgo, participación		x	x	x	x			x	x
3	Barreras profesionales, creencia en el sistema, actitudes, comportamientos, interacción del profesional de salud con el paciente, aceptación e interés de profesionales y pacientes, necesidad de control, resistencia de los médicos,	x	x		x	x			x	x
4	Interoperabilidad, infraestructura tecnológica, soporte técnico, disponibilidad de computadores, staff adecuado	x	x			x	x		x	x
5	Del Sistema HCE : Limitaciones técnicas, integración con herramientas existentes, interoperabilidad con el mercado, uso de estándares, cubre necesidades de la práctica médica, de otros profesionales y de la organización, indicadores, oferta de sistemas HCE, complejidad.	x			x	x	x		x	x
6	Seguridad, confidencialidad y privacidad de los datos, hacking,	x		x					x	x
7	Cambios e impacto en flujos de trabajo. Interrupción del proceso de atención				x			x	x	
8	Entrenamiento entre profesionales, entre pacientes e individual. Productividad. Habilidad en el uso de las computadoras	x					x			x
9	Leyes y reglamentos		x			x				x
10	Tiempo para seleccionar, adquirir e implantar la HCE, tiempo para aprender. Mas tiempo por paciente, tiempo para ingresar datos al sistema					x				x

En la Tabla III se presenta la relación de factores críticos o barreras que se han identificado y la frecuencia con la que se han presentado en las publicaciones seleccionadas, producto de la búsqueda realizada en las bases de datos. La agrupación de los factores se ha realizado teniendo en cuenta la denominación o descripción de los factores o barreras establecidos en los estudios.

En los resultados se observa que para la implementación de HCE los factores de mayor importancia según la frecuencia son: los elevados costos iniciales y de mantenimiento, así como la incertidumbre del ROI, la falta de recursos financieros. En segundo lugar aspectos relacionados con la organización, la relación de los profesionales de la salud con los pacientes, la infraestructura tecnológica necesaria y el sistema de HCE.

Tomando como referencia las barreras planteadas por Boonstra & Broekhuis [21], C. McGinn et al [11], S. Ajami et al [13], B. Pirtle et al [15], V. H. Castillo et al [35], M. Lluch [36], O. Ben-Assuli et al [8] y T. Ermakova [37] se observa que más del 90% de las barreras se encuentran identificadas a nivel subcategorías y el 100% a nivel de categorías.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A la luz de los resultados de la revisión sistemática pasaremos a analizarlos y tratar de responder la pregunta de investigación.

¿Qué es lo que se conoce actualmente sobre las barreras o factores que restringen la implantación de la Historia Clínica Electrónica en centros asistenciales?

Los factores o barreras identificadas han sido agrupadas, primero en 56 subcategorías y luego en 10 categorías con la finalidad de poder ensayar algunas acciones para mitigar el riesgo que representan. Por otro lado, siendo el número de bases de datos consultadas limitado, sería recomendable seguir indagando en otras bases de datos o buscadores para validar o mejorar lo avanzado en el presente estudio. Asimismo, se observó que el tema se viene tratando de manera intensa desde hace más de una década, y teniendo en cuenta que las barreras identificadas están orientadas más a un tema de conducta y de organización, que de desarrollo tecnológico, sería conveniente extender la búsqueda a los 15 últimos años. Así mismo, no existe consenso respecto a una taxonomía para la agrupación de los factores o barreras, por lo que su estudio y el planteamiento de acciones para mitigarlas son escasos o de difícil adopción. Sin embargo, con base en algún modelo conceptual de aceptación tecnológica se podría plantear otra agrupación de factores, siempre que se contemple la totalidad de los factores identificados.

VI. CONCLUSIÓN

La importancia de las TI es ampliamente reconocida en los diferentes sectores, en este caso el sector salud. Si bien como señala Menachemi & Collum [38] la trascendencia de la HCE se manifiesta a través de los beneficios que ofrece como son, los resultados clínicos (por ejemplo, la mejora en la calidad, la reducción de los errores médicos), resultados para la organización (por ejemplo, beneficios financieros y operativos), y resultados para la sociedad (por ejemplo, la mejora de la capacidad para llevar a cabo la investigación, la mejora de la salud de la población, la reducción de costos). A pesar de las ventajas que ofrece su implementación, los estudios demuestran que existen un conjunto de barreras o limitaciones desde infraestructura hasta aspectos legales a superar para su efectiva implementación. La implementación de la HCE implica una decisión estratégica, por el alto costo que representa y el esfuerzo para superar las barreras. Los estudios seleccionados como artículos muestran experiencias que corresponden a países de Europa, Asia, África y de Norteamérica. Los factores o barreras han sido agrupados en 10 categorías, que en orden de importancia son: aspectos financieros y de costos, aspectos de organización y sociales, aspectos de infraestructura e interoperabilidad, y aspectos de seguridad de información y protección de datos personales. No

se evidencia en la revisión la existencia de una taxonomía de los factores y la semántica de los términos que se emplean en los estudios sobre implantación de la HCE, si bien existen algunas coincidencias, no se encuentra estandarizada. Esta revisión provee a los investigadores algunos aportes en la clasificación de factores para investigaciones futuras en modelos de aceptación tecnológica.

REFERENCIAS

- [1] CEPAL, La situación socioeconómica de la población adulta mayor: un grupo vulnerable http://www.cepal.org/publicaciones/xml/4/5604/lc11399e_s3.pdf, revisado en febrero 2016.
- [2] A. Ahlan and B. Isma, User Acceptance of Health Information Technology (HIT) in Developing Countries : A Conceptual Model. *Procedia Technology*, vol.16, pp.1287–1296, 2014.
- [3] Banco Mundial, Gasto en salud, total (% del PIB) <http://datos.bancomundial.org/indicador/SH.XPD.TOTL.ZS>, revisado en febrero 2016.
- [4] Organización Mundial de la Salud, Global Health Observatory (GHO) data, http://www.who.int/gho/health_financing/en/, revisado en febrero 2016.
- [5] L. Nguyen, E. Bellucci, L.T. Nguyen, Electronic health records implementation: an evaluation of information system impact and contingency factors. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 83 issue 11 pp. 779-796, 2014.
- [6] A. Bryant, "Electronic Health Records and Immunization Information Systems Interoperability: Measuring Impact on Immunization Outcomes." Thesis, Georgia State University, 2016
- [7] E. Kharbada et al. "TeenBP: Development and Piloting of an EHR-Linked Clinical Decision Support System to Improve Recognition of Hypertension in Adolescents." *eGEMs* vol 3 issue 2, 2015.
- [8] O. Ben-Assuli et al., Improving diagnostic accuracy using EHR in emergency departments: A simulation-based study, *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 55, pp. 31–40, 2015.
- [9] R. Hillestad, J. Bigelow, A. Bower, F. Girosi, F. Meili, R. Scoville, R. Taylor, Can electronic medical record systems transform health care? Potential health benefits, savings, and costs. *Health Affairs* 2005, vol. 24 issue 5, pp.1103-1117, 2005
- [10] N. Menachemi, T. Collum, Benefits and drawbacks of electronic health record systems. *Risk management and healthcare policy* 2011, vol. 4, pp. 47-55, 2011.
- [11] C. McGinn, S. Grenier, J. Duplantie, N. Shaw, C. Sicotte, L. Mathieu, M. Gagnon, Comparison of user groups' perspectives of barriers and facilitators to implementing electronic health records: a systematic review. *BMC Medicine*, 9, 46. <http://doi.org/10.1186/1741-7015-9-46>, 2011.
- [12] H. Yan, R. Gardner, R. Baier, Beyond the focus group: Understanding physicians' barriers to electronic medical records. *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety*, vol. 38 issue 4, pp. 184-191, 2012.
- [13] S. Ajami, T. Bagheri-Tadi, Barriers for adopting electronic health records (EHRs) by physicians. *Acta Informatica Medica*, vol. 21 issue 2, pp.129–134, 2013.
- [14] M. Khalifa, Barriers to health information systems and electronic medical records implementation a field study of Saudi Arabian hospitals. In *Procedia Computer Science* vol. 21, pp. 335–342, 2013.
- [15] B. Pirtle, A. Chandra, An Overview Of Consumer Perceptions And Acceptance As Well As Barriers And Potential Of Electronic Personal Health Records. *American Journal of Health Sciences*, vol. 2 issue 2, pp. 45–52, 2011.
- [16] M. Gagnon, E. Ghandour, P. Talla, D. Simonyan, G. Godin, M. Labrecque, M. Rousseau, Electronic health record acceptance by physicians: Testing an integrated theoretical model. *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 48, pp. 17–27, 2014.

- [17] J. Anderson, Social, ethical and legal barriers to E-health. *International Journal of Medical Informatics* vol. 76, issue 5-6, pp. 480-483, 2007.
- [18] S. Curry, EHealth research and healthcare delivery: BEyond intervention effectiveness. *American Journal of Preventive Medicine*, vol. 32, issue 5, pp. 127-130, 2007.
- [19] C. Malcolm, Five e-business strategies you can take to the bank. *Healthcare Financial Management*, vol. 55, issue 9, pp. 72-75, 2001.
- [20] A. Yarbrough, T. Smith, Technology acceptance among physicians: a new take on TAM. *Medical Care Research and Review*, vol. 64, issue 6, pp. 650-672, 2007.
- [21] A. Boonstra, M. Broekhuis, Barriers to the acceptance of electronic medical records by physicians from systematic review to taxonomy and interventions. *BMC Health Services Research*, vol. 10, 2010.
- [22] A. Audet, M. Doty, J. Peugh, J. Shamasdin, J. Zapert, S. Schoenbaum, Information technologies: When will they make it into physicians' black bags? *Medscape General Medicine*, vol. 6, issue 4, 2004.
- [23] [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc01_2011.nsf/0/999b23f8c010279105257b2d007a2d57/\\$FILE/00897DCMAY13032013.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/TraDocEstProc/Contdoc01_2011.nsf/0/999b23f8c010279105257b2d007a2d57/$FILE/00897DCMAY13032013.pdf)
- [24] El Peruano, Ley 30024 <http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/aprueba-el-reglamento-de-la-ley-n-30024-lev-que-crea-el-re-decreto-supremo-n-039-2015-sa-1324291-4/>
- [25] L. Beard, R. Schein, D. Morra, K. Wilson, J. Keelan, The challenges in making electronic health records accessible to patients. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2012 <http://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000261>
- [26] K. Cresswella, A. Sheikh, Organizational issues in the implementation and adoption of health information technology innovations: An interpretative review. *International Journal of Medical Informatics* vol. 82, pp. 73-86, 2013.
- [27] B. Kitchenham, S. Charters, S., Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Engineering*, vol. 2, issue 1051, 2007. <http://doi.org/10.1145/1134285.1134500>
- [28] A. Hoerbst, C. Kohl, C., P. Knaup, E. Ammenwerth, Attitudes and behaviors related to the introduction of electronic health records among Austrian and German citizens. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 79, issue, 2, pp. 81-89, 2010.
- [29] Z. Landis-Lewis, R. Manjomo, O. Gadabu, M. Kam, B. Simwaka, S. Zickmund, F. Chimbwandira, G. Douglas, R. Jacobson, Barriers to using eHealth data for clinical performance feedback in Malawi: A case study. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 84, issue 10, pp. 868-875, 2015.
- [30] G. Paré, L. Raymond, L. Ortiz de Guinea, P. Poba-Nzaou, M. Trudel, J. Marsan, T. Micheneau, Barriers to organizational adoption of EMR systems in family physician practices: A mixed-methods study in Canada. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 83, issue 8, pp. 548-558, 2014.
- [31] E. Jamoom, V. Patel, M. Furukawa, J. King, EHR adopters vs. non-adopters: Impacts of, barriers to, and federal initiatives for EHR adoption. *Healthcare*, vol. 2, issue 1, pp. 33-39, 2014.
- [32] R. Inokuchi, H. Sato, K. Nakamura, Y. Aoki, K. Shinohara, M. Gunshin, S. Nakajima, Motivations and barriers to implementing electronic health records and ED information systems in Japan. *AM J EMERG MED*, vol. 32, issue 7, pp. 725-730, 2014.
- [33] D. Yoon, B. Chang, S. Kang, H. Bac, R. Park, Adoption of electronic health records in Korean tertiary teaching and general hospitals. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 81, issue 3, pp. 196-203, 2012.
- [34] E. Villalba-Mora, I. Casas, F. Lupiáñez-Villanueva, I. Maghiros, Adoption of health information technologies by physicians for clinical practice: The Andalusian case. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 84, issue 7, pp. 477-485, 2015.
- [35] V. H. Castillo, A. I. Martínez-García, J. R. G. Pulido, A knowledge-based taxonomy of critical factors for adopting electronic health record systems by physicians: a systematic literature review. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 10, issue 60, 2010.
- [36] M. Lluch, Healthcare professionals' organisational barriers to health information technologies - A literature review. *International Journal of Medical Informatics*, vol. 80, issue 12, pp. 849-862, 2011.
- [37] T. Ermakova, B. Fabian, S. Kelkel, T. Wolff, R. Zarnkow. Antecedents of Health Information Privacy Concerns. *Procedia Computer Science*, vol. 63, pp. 376-383, 2015 <http://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.356>
- [38] N. Menachemi, T. Collum, Benefits and drawbacks of electronic health record systems. *Risk management and healthcare policy* 2011, vol. 4, pp. 47-55, 2011

Aplicação web para gestão pedagógica – um caso de estudo

Web application for academic management – a case study

Nuno Rosado

Agrupamento de Escolas de Arronches
Arronches, Portalegre, Portugal
nuno_ruus@hotmail.com

José Carlos Metrôlho, Fernando Ribeiro

Instituto Politécnico de Castelo Branco
Castelo Branco, Portugal
metrolho@ipcb.pt, fribeiro@ipcb.pt

Resumo — Ao longo dos últimos anos tem-se verificado uma utilização crescente dos meios informáticos na escola, como mecanismo essencial para proceder à tão desejada mudança e modernização. No entanto, esta não se tem traduzido numa simplificação dos processos administrativos. Este artigo descreve um projeto que pretende concentrar o processo de avaliação numa única aplicação *web*, permitindo criar mecanismos autónomos de tratamento de informação, e estatísticos, inerentes ao processo de avaliação, produção de gráficos, notificações, relatórios e comunicações, de forma a reduzir a dispersão e redundância de documentos, melhorando assim a produtividade dos professores. O conjunto de dados produzidos, permitirá suportar a informação necessária à avaliação externa das instituições. A aplicação foi desenvolvida considerando como caso de estudo o Agrupamento de Escolas de Arronches, o qual atualmente se encontra a implementar o Plano de Ação de Melhoria que, de entre outras ações, visa melhorar os níveis de sucesso às disciplinas de Português e Matemática. Os resultados das avaliações iniciais da aplicação *web*, realizadas pelos utilizadores finais são positivos, no entanto, é importante que a plataforma seja testada e monitorizada durante um ano para melhorar a eficiência e alargar os testes a mais agrupamentos de forma a adequá-la a diversas realidades.

Palavras Chave - educação; informática; ágil; web; scrum.

Abstract — Over the past few years there has been an increasing use of informatics means in the school, as an essential mechanism to make the much desired change and modernization. However, this not translated into a simplification of administrative procedures. This paper describes a project that aims to focus the entire evaluation process in a single web application, allowing create autonomous mechanisms of information processing and statistical inherent in the evaluation process, production graphics, notifications, reports and communications, in order to reduce dispersion and redundancy of documents and thus improve the productivity of school teachers. The set of data produced will support the necessary information to external evaluation of institutions. The application was developed considering as a case study the Arronches Group of Schools, which is currently implementing what Improvement Action Plan, among

other things, aims to improve the levels of success to Portuguese and Mathematics disciplines. Results of the initial evaluations, performed by end-users, are positive, nevertheless it's important that the platform is tested and monitored for a year to improve its efficiency and expand testing to other schools to adapt it to other realities.

Keywords - education; informatics; agile; web; scrum.

I. INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos a escola pública tem sofrido inúmeras alterações que demonstram a necessidade de adequar o seu funcionamento à sociedade e ao mundo atual. Neste âmbito, enquadra-se a utilização crescente de meios informáticos na escola como mecanismo essencial para proceder à tão desejada mudança e modernização. Simultaneamente, a burocracia administrativa exigida aos professores reduz o tempo que os mesmos dispõem para a elaboração de recursos pedagógico-didáticos que potenciem a aprendizagem de uma forma eficaz e orientada ao sucesso escolar dos alunos.

A escola, marcadamente socializante, sentiu a necessidade de repensar os seus atuais métodos de ensino em função de uma nova sociedade, pautada por um ambiente mais competitivo e mais exigente. Esta reestruturação exigiu a transposição de algumas das tecnologias de informação e comunicação presentes na sociedade para o sistema educativo, obrigando o meio escolar a adaptar-se e a afetar as competências necessárias para esta mudança. Para responder a este desafio, o Ministério da Educação, através da implementação do Plano Tecnológico de Educação, tem colocado ao serviço das escolas meios informáticos (internet, computadores, portáteis, quadros interativos, software, etc.) com vista a dotar o sistema para uma possível e desejada modernização. Embora esta modernização tecnológica seja reconhecida por muitos como uma ação preponderante para o surgimento da mudança [1,2,3], ela por si só não produz o efeito desejado se não existir um conjunto de outros fatores que contribuam para o seu sucesso, tais como: a) Formação de pessoal docente na utilização das tecnologias de informação; b)

Implementação de software que seja intuitivo e de fácil utilização; c) Implementação de um único sistema informático em detrimento de vários, que podem gerar confusão e redundância no processamento da informação; d) Utilização de sistemas online para que estejam sempre disponíveis, tanto no interior como a partir do exterior da escola.

No entanto, a utilização maciça dos meios informáticos não se traduziu sempre numa simplificação dos processos administrativos. Multiplicidade de bases de dados formais e informais, nem sempre articuladas e complementares, conduziu a um aumento de burocracia nas escolas e nos processos de organização desencadeados pelos docentes. Para alguns diretores de escola a existência de tal acontecimento deve-se ao facto da necessidade de efetuar uma transparência total em todo o processo avaliativo [4]. Este processo, embora exigente, possibilita que todas as escolas estejam permanentemente capazes de fornecer toda a informação necessária perante toda a comunidade escolar e todos os meios educativos que assim o exijam. Neste sentido, Gomes [5, p.6] refere que, *“quando não fica muito claro o que o professor pretende fazer junto com os seus alunos e os modos com que exerce a docência, podem ocorrer cobranças”*. Essas “cobranças” só não terão nenhum efeito prejudicial para o professor se existir documentação guardada que comprove que todos os requisitos impostos no regulamento interno foram cumpridos. Por outro lado, o aumento significativo de documentação na escola obrigou a uma reflexão sobre a melhor forma de contornar um problema com impacto direto na atividade dos docentes. Com a agravante de conduzir à *“deterioração e desprofissionalização da função”* [6, p.74].

Neste contexto, este artigo descreve o desenvolvimento de uma aplicação web que visa facilitar toda a gestão em torno do processo de avaliação dos alunos. Com a implementação desta aplicação pretende-se reduzir a perda e a redundância de informação. Os professores, diretores de turma, coordenadores de departamento e a própria direção da escola poderão beneficiar de gráficos, relatórios ou notificações de modo a efetuar um controlo mais eficaz de todo o processo, tornando a tomada de decisão mais simples e mais acertada. A própria cedência de informação entre a escola e as entidades ministeriais poderá beneficiar de um processo mais célere e mais eficaz. Espera-se também que beneficiem os alunos, pelo trabalho mais rigoroso que poderá advir da leitura de informações pertinentes relacionadas com o desempenho de cada aluno e da turma em geral. A obtenção célere de informação, seja de ocorrências em sala de aula, ou outros processos, poderá também melhorar o trabalho que o diretor de turma e o encarregado de educação têm com vista à correção de problemas que possam existir. Em última instância espera-se que todos os benefícios contemplados neste projeto possam contribuir para uma melhoria significativa de resultados e atividades escolares.

Como caso de estudo o sistema está a ser desenvolvido no Agrupamento de Escolas de Arronches que atualmente, após processo de Avaliação Externa do IGEC, se encontra a implementar o Plano de Ação de Melhoria, que de entre outras ações visa melhorar os níveis de sucesso às disciplinas de Português e Matemática.

No desenvolvimento do projeto optou-se pela utilização da metodologia ágil Scrum, valorizando as interações e o próprio funcionamento do *software* em detrimento de uma documentação vasta e complexa.

II. ESTADO DA ARTE

As empresas de informática sempre olharam para o sistema educativo como uma oportunidade, quer em termos económicos, quer em termos expansão da própria empresa. Várias empresas têm desenvolvido atividade neste meio, com a implementação de vários produtos de gestão de alunos [7,8,9,10].

Relativamente ao que se pode esperar na utilização de um sistema de gestão de alunos, verifica-se que a criação de sistemas genéricos com múltiplas funcionalidades não satisfazem na totalidade as pretensões dos professores. Este facto assume uma grande relevância porque estamos perante um sistema que é usado durante um tempo significativo da atividade dos docentes e, por outro lado, não fornece algo verdadeiramente valioso e imprescindível para a prática educativa. Na mesma linha de raciocínio, Pereira *et. al.* [11, p.3] considera que a *“Era do Conhecimento exige que a escola fique mais atenta às dificuldades no processo de aprendizagem dos alunos”*. Assim, pressupõe-se que uma aplicação deste tipo consiga orientar o seu funcionamento em torno do aluno, fornecendo análises detalhadas e recomendações para que o professor consiga aplicar um plano de acompanhamento pedagógico mais adequado às reais necessidades do mesmo.

Existe no mercado um conjunto vasto de aplicações de gestão de alunos certificadas pelo Ministério de Educação. A atribuição da certificação encontra-se regulamentada nos despachos nº 26377/2005, 2ª Série, nº 243, de 21 de Dezembro de 2005, nº 7505/2006, 2ª Série, nº 67, de 4 de Abril de 2006, e nº 18707/2007, 2ª Série, nº 160, de 21 de Agosto de 2007. Importa salientar que a certificação atribuída aos programas incide na especificação dos ficheiros XML gerados e exportados para o Ministério da Educação, e não nas funcionalidades apresentadas pelos programas [12].

Devido ao elevado número de sistemas com o mesmo propósito, optou-se por selecionar aquele que se encontra instalado no Agrupamento de Escolas de Arronches (o caso de estudo) e outros que apresentam páginas de Internet e manuais com informação relevante para se proceder à análise comparativa de sistemas.

Todos os programas analisados abordam de uma forma genérica o processo avaliativo dos alunos, ou seja, o registo de avaliações procede-se a um nível mais elevado, sem detalhe de cada um dos discentes. Esta análise superficial que as aplicações disponibilizam não permite aos professores obter rapidamente um conjunto importante de indicadores para avaliar a sua própria orientação pedagógica face ao sucesso da aprendizagem dos alunos. Esta ação só será possível se houver um conjunto de indicadores válidos para o docente, em conjunto com a utilização de mecanismos que possibilitem registar todo o tipo de questões que estão incluídas nas mais variadas formas de avaliação (testes, fichas, trabalhos de grupo). A adição desta funcionalidade ao programa evitará a criação de pautas de avaliação externas à própria aplicação.

Além disso, as funcionalidades apresentadas nos programas não facilitam a elaboração de documentos que são imprescindíveis, como por exemplo a produção Planos de Acompanhamento Pedagógico, sendo, por isso, obrigatório recorrer a ficheiros externos feitos em Excel ou Word para colmatar esta ausência. No entanto, também existem funcionalidades presentes em alguns destes programas que não se encontram no âmbito de desenvolvimento deste projeto, como por exemplo a Gestão de Horários e de Sumários, e por isso não são consideradas para a análise comparativa.

No sentido de melhorar o conhecimento sobre as ferramentas e necessidades dos seus utilizadores, além da análise de ferramentas já existentes, optou-se também por auscultar a opinião da população alvo, neste caso, os professores. De acordo com Carmo e Ferreira [13] são várias as vantagens deste tipo de inquérito por questionário, nomeadamente ao nível da sistematização, simplicidade de análise, maior rapidez na recolha e análise dos dados e menores custos possíveis. Nesse sentido, optou-se por realizar um inquérito por questionário sobre a opinião dos docentes relativamente às ferramentas que utilizam e sobre as novas funcionalidades que gostariam de ver implementadas.

Relativamente à amostra, considerou-se que para a realização do estudo a mesma teria de pertencer, obrigatoriamente ao universo escolar (professores do 1º, 2º e 3º Ciclo). Procedeu-se à seleção de alguns elementos pertencentes a esse universo, sendo selecionada uma amostra de 30 professores da escola de Arronches, que se disponibilizou para responder ao nosso questionário. O questionário foi distribuído, via *online*. Este estudo não pretende, obviamente, generalizar toda a população à qual pertence o grupo de conveniência, contudo, através dele poder-se-ão obter informações pertinentes e bastante demonstrativas para o estudo em questão.

Os inquéritos foram realizados na comunidade escolar, nomeadamente a docentes que integram a direção do agrupamento de escolas de Arronches (6.7%), coordenadores de departamento (10%), diretores de turma (30%), bem como outros docentes que já anteriormente experienciaram a utilização do programa Alunos (53.3%). Distribuídos por ciclos, verifica-se que os docentes inquiridos são 23.3% do primeiro ciclo, 40% do segundo ciclo e 36.7% do terceiro ciclo, constituindo assim uma amostra transversal a todos os ciclos de escolaridade do agrupamento.

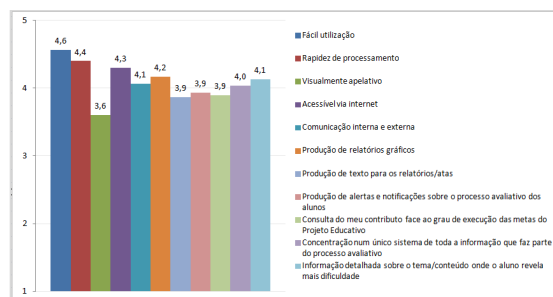


Figure 1. Características mais importantes numa aplicação de gestão de alunos. Fonte: respostas dos questionários

Foram analisadas várias questões, no entanto aqui referiremos apenas o resultado em relação à pergunta sobre as características que considera mais importantes numa aplicação de gestão de alunos. O resultado de cada uma das características será representada numa média de um intervalo de 1 (menos importante) até 5 (mais importante).

Os inquiridos destacaram (ver Figura 1), como características mais importantes a ter numa nova aplicação a facilidade de utilização (4.6), a rapidez de acesso (4.4) e a possibilidade de aceder à aplicação via internet (4.3). Por fim, destacaram também a necessidade de incluir uma vertente informativa centrada na diagnose das dificuldades dos alunos (4.1), que permita a aplicação e adequação de novas estratégias pedagógicas e de ensino aos seus alunos, na persecução de um sucesso educativo de qualidade e redução das taxas de abandono escolar. A maioria dos inquiridos (83.3%) referiu que seria útil a existência de um novo sistema que resolva muitos dos constrangimentos identificados na aplicação atualmente instalada e todos os inquiridos mostraram propensão para a mudança de plataforma de apoio às suas práticas pedagógicas, face às limitações identificadas na que atualmente têm à disposição.

Considerando estes resultados, o desenvolvimento deste projeto tem por motivação permitir acréscimo de funcionalidades às identificadas nos programas apresentados anteriormente, sempre tendo em conta que uma aplicação deste tipo deverá incidir toda a sua funcionalidade em torno da disponibilização de indicadores que orientem as práticas letivas com vista ao sucesso educativo.

III. AS FERRAMENTAS DE DESENVOLVIMENTO ADOTADAS

A seleção das ferramentas e tecnologias a adotar para implementar a nova aplicação web teve com base a perceção de que existe um número grande de fatores que contribuem para o sucesso de uma aplicação. Aspectos como o *design*, usabilidade, acessibilidade, escalabilidade, segurança e a própria *performance* da aplicação são preponderantes no momento da escolha das tecnologias a usar. Neste sentido, optou-se pela adoção da plataforma Outsystems [14] possibilitando assim que o desenvolvimento da aplicação respeitasse os aspetos referidos anteriormente, e possibilitando ainda uma redução significativa no tempo de desenvolvimento do projeto face a outras soluções existentes no mercado. Salienta-se também que paralelamente à implementação é necessário que exista um conjunto de ferramentas que possibilitem analisar rigorosamente os sintomas que a aplicação apresenta. Neste ramo, também a Outsystems se destacou pela simplicidade e pelas ferramentas fornecidas.

A implementação da tecnologia *client-side*, Kendo UI [15], teve como base a necessidade de agilizar todo o processo de criação de pautas de avaliação, aliviando desta forma a aplicação face a uma conexão persistente com o servidor que poderia resultar em perdas de desempenho importantes. Além disso, a existência de uma ferramenta de inspeção de código para o Google Chrome [16] facilita a depuração do código, resultando em ganhos significativos em termos de resolução de problemas e otimizações de código.

IV. O DESENVOLVIMENTO

Nesta secção apresentam-se algumas das fases de desenvolvimento do projeto com base na metodologia Scrum [17]. A implementação das várias funcionalidades teve como base os requisitos que advieram da negociação com os *Stakeholders* do Agrupamento de Escolas de Arronches e esteve alinhada com a missão/visão que esta aplicação pretende alcançar.

Inicialmente foram identificadas e analisadas as necessidades e todos os requisitos a cumprir. Para isso foram apreciados vários documentos existentes e consideradas as práticas levadas a cabo pelo público-alvo (docentes, diretores, diretores de turma, etc.) no seu dia-a-dia. As diferentes metas a atingir reportam-se não só a dados decorrentes da assiduidade e aproveitamento dos alunos, mas ao conjunto de estratégias e atividades pedagógicas desenvolvidas no agrupamento ao longo do ano letivo, bem como procedimentos administrativos e de apoio, conducentes a uma melhoria sustentada dos resultados escolares ao longo dos ciclos de escolaridade do ensino regular ou vocacional. Com a aplicação proposta neste projeto, pretende-se facilitar a gestão corrente dos seguintes documentos:

- Plano de Acompanhamento Pedagógico;
- Relatório dos Apoios Educativos;
- Pautas de Avaliação;
- Participação de Ocorrência dentro da Sala de Aula;
- Repreensão Registada;
- Registos dos elementos a contar para a avaliação;
- Registos das aulas previstas e dadas.

Ao usar a metodologia Scrum os atores envolvidos foram os seguintes (Figura 2):

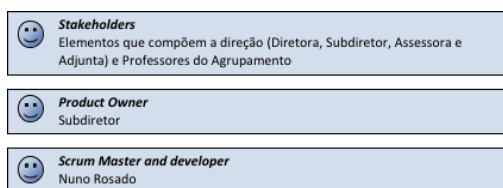


Figure 2. Atores Scrum.

Todo o trabalho colaborativo teve como base as iterações feitas com o *Product Owner*, durante o desenvolvimento do projeto, e com os *Stakeholders* nas demonstrações efetuadas no final de cada *Sprint*. Segundo Schwaber, citado em Boel [18], para se iniciar um projeto Scrum necessitamos no mínimo de uma visão e de um *product backlog*. Assim, da definição do *product backlog* emergiu um conjunto de *user stories* para dar resposta às necessidades identificadas pelos intervenientes.

A ordenação das *user stories* foi feita com base na convergência de opiniões manifestadas pelo *Product Owner* e pelo Programador da aplicação. Esse consenso teve em conta as necessidades e pretensões dos intervenientes de âmbito administrativo e pedagógico, bem como as possibilidades

técnicas de as concretizar. Neste sentido, foram desenvolvidas em primeiro lugar, todas as *user stories* relacionadas com o *backoffice*. Esta ação permitiu criar uma base de informação necessária para conseguir efetuar os restantes procedimentos na aplicação. Em simultâneo, foi também definida uma estimativa sobre o tempo necessário ao desenvolvimento do conjunto de *user stories* e *Sprints*. Numa fase posterior foi feita a elaboração das tarefas. Embora este processo advenha da comunicação e colaboração entre o *Scrum Master* e o *Product Owner*, sentiu-se a necessidade de atribuir esta tarefa unicamente ao *Scrum Master* em virtude da falta de tempo e lacunas técnicas no domínio informático que existia por parte do *Product Owner*. Após reunião com o *Product Owner*, concluiu-se que a melhor forma de enquadrar algumas funcionalidades com as pretensões reais da escola era proceder a uma análise detalhada sobre as linhas orientadoras que regem o regulamento interno da escola e o código do procedimento administrativo.

A título ilustrativo, iremos aqui apenas expor o caso de uma das *user stories* (Figura 3). Atualmente o método expositivo é o mais utilizado no ensino, ele pressupõe, na teoria de David Ausubel [19], uma estrutura de conhecimentos, onde se define como base os conceitos gerais ao qual se vão ancorando os conceitos mais específicos, integrando desta forma “aquilo que o indivíduo já conhece” [20, p.26]. Esta teoria [19] considera que os alunos só poderão aceder a novos conhecimentos quando se estabelece uma relação entre os conhecimentos anteriores (estrutura cognitiva) e os novos conhecimentos, onde a utilização de organizadores prévios pode ajudar a estabelecer esta relação. Deste modo o professor deve organizar a matéria de forma eficaz, de modo a ajudar os alunos a estabelecer a relação entre conhecimentos (prévios e novos), através do fornecimento de pistas para que estes possam recuperar informação da sua memória a longo prazo para a sua memória de trabalho. Neste sentido, será de extrema importância para o professor obter a informação sobre quais os temas em que os alunos revelam mais dificuldade de modo a reformular as próprias sessões de aula com vista ao sucesso educativo. A adição desta opção permite contraditar a ideia que Chaves [21, p.10] tem ao referir que “são poucos os professores que utilizam as dúvidas dos alunos ou os resultados das avaliações como possibilidades de retomada que os auxilie a compreender melhor a sua trajetória no processo de construção do conhecimento e na sua formação”.

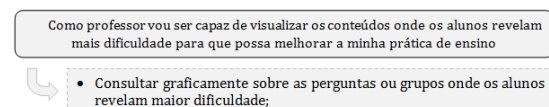


Figure 3. Exemplo de uma User Story.

Os protótipos de baixa fidelidade são esboços simples, de fácil conceção, que permitem demonstrar “uma ideia e validá-la” [22, p.57]. Em conjunto com as *user stories* podem ser uma mais-valia no processo de clarificação de ideias e linhas de orientação, sempre com o intuito de promover a colaboração com vista a fornecer a melhor experiência possível do utilizador. Nesta linha de raciocínio, Grosjean, citado em Santos [22] refere que a elaboração de protótipos de baixa fidelidade servem o projeto com vista a criar o melhor interface

possível. Do ponto de vista do programador, permite que o processo de criação da aplicação siga um padrão de *design* consistente e eficaz perante uma ideia previamente estabelecida. Também como benefício para o programador, Brown *et. al.* [23] acrescenta que a criação de protótipos de baixa fidelidade é uma forma útil de demonstrar erros da aplicação ou inconsistências.

Tendo em conta as vantagens descritas, o *Product Owner* validou todos os protótipos por achar que correspondiam àquilo que se pretendia. No entanto, realça-se o facto de terem existido, nesse processo, vários ajustes na disposição de alguns elementos com vista a torná-la mais fácil de utilizar. Dessa interação resultou um conjunto de protótipos, *mockups* (ver exemplo na Figura 4) que contemplam as opções pretendidas na aplicação.

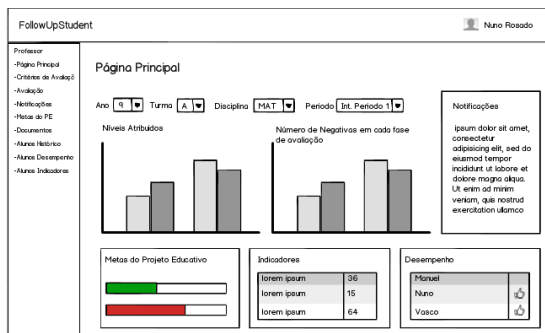


Figure 4. Mockup da página principal dos professores.

Após esta preparação, o trabalho foi desenvolvido em *sprints*, com duração de 4 semanas cada, de acordo com as recomendações da metodologia Scrum. Durante cada um dos *sprints* foram sendo implementadas as diversas funcionalidades identificadas na fase de análise de requisitos e durante a definição do *product backlog*.

V. APLICAÇÃO, TESTES E RESULTADOS

Como resultado de trabalho de vários meses, *sprints*, foi desenvolvida a desejada aplicação web. Por exemplo, para o caso do *mockup* mostrado na figura 4 a aplicação disponibiliza a interface da figura 5.

Como tarefas principais que os professores terão que executar, inclui-se o registo dos critérios de avaliação, ordenados por hierarquia (Figura 6), onde é importante referir qual a percentagem associada a cada um deles, e se o mesmo consiste num indicador de análise ou se representa uma pauta secundária. Sempre que o utilizador marcar um critério de avaliação como indicador, a aplicação irá gerar um conjunto de dados estatísticos que poderão ser consultados na página principal dos professores e na seção alunos – indicadores. Relativamente à afetação de um critério de avaliação como sendo uma pauta secundária, o sistema irá criar uma hiperligação no nome da coluna que se encontra na pauta principal, de modo a interligar as duas pautas. Depois do processo de inserção dos critérios de avaliação e das respetivas avaliações dos alunos, a aplicação irá executar um conjunto de

queries que irão facultar os diferentes elementos estatísticos da aplicação.

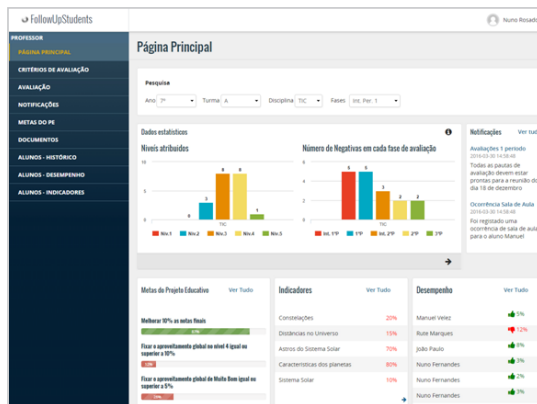


Figure 5. Interface página principal dos professores.

Nome	Percentagem	Ind.	Pauta Sec.
Total	100		
Cidadania	40		
Conhecimento	60		
Testes	30		
Ficha de Trabalho	10		
Ficha 1	100		✓
Hardware	50		

Figure 6. Mockup da página principal dos professores.

Com a aplicação implementada passou-se à fase de testes, envolvendo utilizadores a que a mesma se destina e que a tinham originalmente desejado no inquérito inicial, que referimos na introdução deste artigo. Foram realizados testes unitários durante o desenvolvimento usando a *Unit Testing Framework* [24], testes de aceitação (com participação ativa do *Product Owner*), testes de performance (usando a *Performance CSI* [25]) e testes de usabilidade.

Em relação aos testes de performance, os resultados obtidos foram satisfatórios, nomeadamente em tempo de carregamento de páginas. Quanto aos testes de usabilidade, estes foram feitos com o intuito de perceber se o sistema possui mecanismos de fácil manuseamento e qual o impacto que os mesmos têm nas atividades dos docentes. Para isso, após um período em que os utilizadores puderam testar a aplicação, foi-lhes solicitado que preenchessem um inquérito para avaliar a utilização do sistema. Os inquéritos foram realizados a quinze docentes do Agrupamento de Escolas de Arronches, nomeadamente a docentes que integram a direção (26,7%), coordenadores de departamento (19,9%), diretores de turma (26,7%), bem como outros docentes (26,7%). Distribuídos por ciclos, verificamos que os docentes inquiridos são 20% do primeiro ciclo, 60% do segundo ciclo e 20% do terceiro ciclo, constituindo assim uma amostra transversal a todos os ciclos de escolaridade do agrupamento. No que concerne aos pontos fortes, a maioria (60%) dos utilizadores inquiridos identificou o visual e a informação sobre os alunos como aspetos de maior relevo na nova aplicação. A simplicidade de utilização foi identificada

como uma mais valia por 40% dos inquiridos. Em relação às informações obtidas da concretização das metas do projeto educativo e das informações para os encarregados de educação só 20% foram da opinião sobre o potencial destas funções na nova aplicação. Como aspetos a melhorar no uso desta aplicação foram referidas a necessidade de futura de formação, a melhoria na definição dos critérios de avaliação de cada turma e foram mencionados alguns erros no seu funcionamento. Apesar dos erros referidos terem sido já resolvidos, é importante que a plataforma seja testada e monitorizada durante um ano para melhorar a eficiência e alargar os testes a mais agrupamentos de forma a adequá-la a diversas realidades. Do total de inquiridos, só 20% não identificaram qualquer tipo de ponto fraco na aplicação.

VI. CONCLUSÕES

Neste artigo descrevemos um trabalho que está a ser desenvolvido por um aluno de mestrado e durante o qual foi identificada uma oportunidade de definir, projetar, implementar e testar uma aplicação informática, web, destina a melhorar a atividade docente. O facto de todos os autores serem docentes e de o primeiro autor ter experiência de desenvolvimento de *software* profissional na plataforma que foi usada, facilitou a definição e trabalho em prol do objetivo. Também é de realçar a fundamental colaboração dos elementos da escola que serviu de caso de estudo.

Quanto às metas conseguidas, essas são animadoras uma vez que tanto em termos de performance como em termos de aceitação, os testes têm vindo a demonstrar resultados positivos e animadores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Agrupamento de Escolas de Aronches pela colaboração prestada para a realização deste caso de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] D. Coimbra, "O uso das TIC e as alterações no espaço educativo," *Exedra*, No6, pp. 143–154, 2012.
- [2] F. A. Costa, "a Utilização Das Tic Em Contexto Educativo. Representações E Práticas De Professores," a *Util. Das Tic Em Context. Educ. Represent. E Práticas Profr.*, 2008.
- [3] M. Alexandra Nogueira Vieira, "Educação e Sociedade da Informação, Uma perspectiva crítica sobre as TIC num contexto escolar," 2005.
- [4] A. Estrada and E. Viriato, "A Escola Enquanto Organização Burocrática: A Gestão Escolar na perspectiva dos Diretores Escolares de Cascavel," *Rev. Histedbr On-Line*, pp. 18–33, 2012.
- [5] A. A. GOMES, "A construção da identidade profissional do professor : uma análise de egressos do curso de Pedagogia," Universidade Estadual Paulista, 2008.
- [6] R. C. D. C. Hagemeyer, "Dilemas e desafios da função docente na sociedade atual : os sentidos da mudança," *Educ. Curitiba Univ. Fed. do Paraná - UFPR*, vol. 24, no. UFPR, pp. 67–85, 2004.

- [7] JPM Abreu - Gestão de Alunos (2016, Jan. 18). [Online]. Disponível: <http://www.jpmabreu.com/cgi-bin/jpmcgi.jpm/pagina?id=software&num=1>. [Acedido: 23-Dez-2014].
- [8] Minerva - Gestão de Alunos (n.d.). Inforvista. [Online]. Disponível: <http://www.inforvista.pt/>. [Acedido: 23-Dez-2014].
- [9] WinGA (n.d.). Truncatura. [Online]. Disponível: <http://www.truncatura.pt/Produtos/Programas/WinGA/tabid/563/Default.aspx>. [Acedido: 23-Dez-2014].
- [10] Inovar Alunos (n.d.). [Online]. Disponível: <http://www.inovar-mais.pt/#!produtos/c1c32>. [Acedido: 23-Dez-2014].
- [11] R. Coeli, B. Pereira, E. Vítor, and M. Carrão, "a Informática Educativa : Professor, Aluno E Os Problemas Escolares No Ensino-Aprendizagem," Universidade Federal de Juiz de Fora.
- [12] MISI@. Programas informáticos certificados. Disponível: <http://www.misi.min-edu.pt/certificacao.htm>. [Acedido: 5-Fev-2015].
- [13] CARMO, Hermano; FERREIRA, Manuela Malheiro – Metodologias da Investigação: Guia para a auto-aprendizagem. Lisboa: Universidade Aberta, 1998.
- [14] Outsystems (n.d.). [Online]. Disponível: <https://www.outsystems.com/>. [Acedido: 18-Jan-2015].
- [15] Kendo UI (n.d.). Telerik. [Online]. Disponível: <http://www.telerik.com/kendo-ui>. [Acedido: 18-Jan-2015].
- [16] Holland, Burke (2014, May. 1). Say Hello To The Kendo UI Chrome Inspector. Telerik. [Online]. <http://developer.telerik.com/products/say-hello-to-the-kendo-ui-chrome-inspector>. [Acedido: 28-Jan-2015].
- [17] U. F. De Pernambuco, "Compondo Métodos Ágeis de Desenvolvimento de Software," Universidade Federal de Pernambuco, 2009.
- [18] B. Boel, "The Vision in Scrum Development: Studying the Challenges the Vision in Practice," *Universitet Uppsala*, 2014.
- [19] A. Pelizzari and M. P. Baron, "TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO AUSUBEL," pp. 37–42, 2002.
- [20] G. Jenske, "Grazielle Jenske A Teoria de Gérard Vergnaud como aporte para a superação da defasagem de aprendizagem de conteúdos básicos da matemática: um estudo de caso," Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2011..
- [21] CHAVES, Sandramara M. Avaliação da aprendizagem no ensino superior: realidade, complexidade e possibilidades.
- [22] A. P. O. Dos Santos, "Aplicação de práticas de usabilidade ágil em software livre," Universidade de São Paulo, 2012.
- [23] J. Brown, G. Lindgaard, e R. Biddle. Stories, sketches, and lists: Developers and interaction designers interacting through artefacts. Em *Agile 2008 Conference*, pág. 39-50

- [24] A. Burgess, G. Pereira, M. Foster, P. Ramos, P. Cardoso, R. Pearson. Unit Testing Framework. Disponível: <https://www.outsystems.com/forge/component/387/unit-testing-framework/>[Acedido: 19-Jun-2015].
- [25] F. Menezes. Performance CSI. Disponível: <https://www.outsystems.com/forge/component/637/performance-csi/>. [Acedido: 19-Jun-2015]

The Use of Predictive Analytics Technology to Detect Credit Card Fraud in Canada

Kosemani Temitayo Hafiz, Dr. Shaun Aghili, Dr. Pavol Zavarsky
Department of Information Systems Security and Assurance Management.
Concordia University of Edmonton
Edmonton, Canada

tkoseman@student.concordia.ab.ca, {shaun.aghili, pavol.zavarsky}@concordia.ab.ca

Abstract — Credit card fraud losses in Canada continue to increase despite the availability of various prevention technologies. To reduce financial loss and reputational risks, credit card companies and financial institutions in Canada have adopted fraud monitoring solutions such as Predictive Analytics Technologies (PAT) as part of fraud prevention programs to mitigate credit card fraud. This research paper focuses on the creation of a scorecard from relevant evaluation criteria, features, and capabilities of predictive analytics vendor solutions currently being used to detect credit card fraud. The scorecard provides a side-by-side comparison of five credit card predictive analytics vendor solutions adopted in Canada. From the ensuing research findings, a list of credit card fraud PAT vendor solution challenges, risks, and limitations was outlined.

Keywords - credit card fraud; predictive analytics technology; credit card fraud detection; credit card fraud red flags; predictive analytics scorecard.

I. INTRODUCTION

According to the Nelson Report (2015) [42], global credit card fraud losses amounted to a total monetary loss of sixteen billion dollars in 2014. A report published by the Canadian Banking Association in 2014 indicates that despite the introduction of EMV security chips, Canadian credit card fraud losses have increased by approximately eighteen percent (18%) in 2014, compared to the report's base year (2013) [10]. As such, payment card service providers lacking an effective and efficient credit card fraud monitoring solution are very likely to face tremendous financial losses and reputational risks.

Common credit card schemes include stolen or lost cards, fraudulent applications, counterfeit card fraud, non-receipt fraud, card not present (CNP) and account takeovers [1][6][10][21]. Credit card fraud monitoring refers to the use of data analytics solution to detect, score and react to card usage patterns through a comprehensive transaction risk assessment of activities. In a report on global fraud, the *Association of Certified Fraud Examiners* (ACFE), recommended proactive data analysis and monitoring as one of the most effective controls for fraud [2].

This research paper focuses on a side-by-side comparison of five major credit card predictive analytic vendor solutions adopted in Canada; namely, *FICO Falcon fraud manager*, *IBM SPSS Modeler*, *SAS Fraud Management*, *Cyber Source* and *ACI Proactive Risk Manager* using a "scorecard" created with publicly available information and a literature review process. Furthermore, the study depicts the important features and

capabilities that should be present in an effective and efficient credit card fraud detection and fraud losses prevention technologies. Finally, the research paper highlighted the challenges, risks, and limitations of Predictive Analytics Technologies (PAT).

II. LITERATURE REVIEW

A. Understanding Predictive Analytics Technologies (PAT).

According to Gartner (2014), analytics is categorized into four types: descriptive, diagnostic, predictive, and prescriptive. Descriptive analytics describe what happens in a situation. Analytics later evolved into diagnostic analytics, which tried to address the cause of events. Today, predictive analytics attempt to provide answers to what could possibly happen in the future. The future of analytics is prescriptive analytics, an area still under development. A prescriptive analytics system is a system that can suggest various decision options related to its observations. Fig1. outlines the evolution of analytics.

As defined by Valentine et. al. (2014), PAT predict the probability of an uncertain outcome that will occur in the future. PAT adopt statistics and *machine learning* techniques for prediction. The contribution of White (2013) to the study was to illustrate how PAT can be applied to answer different business questions and improve assurance services. White (2013) demonstrated the assertion that better outcomes are based on effective decision-making using an *Observe, Orient, Decide, and Act loop (OODA loop)*. OODA loop is a decision-making cycle developed by Boyd (2012). According to Boyd (2012), decision-making goes through a recurring process of observe-orient-decide-act (OODA). To observe means to scan and gather data from the environment, while orientation synthesizes the data into information & knowledge. Deciding refers to evaluating options and selecting the course of action, while an action is executing and re-cycling through the loop. The result is to act quickly and continuously outmaneuver the adversary. An individual or an organization can adopt this cycle to observe quickly and react to unfolding events more swiftly to achieve better outcomes.

Predictive analytics processes revolve around five phases namely; business problem definition, data acquisition & preparation, data analysis & model development, predictive model deployment and monitoring model performance [16]. The business problem definition phase defines outcomes, deliverables, scope, data sets, and business objectives such as credit card fraud prevention and detection.

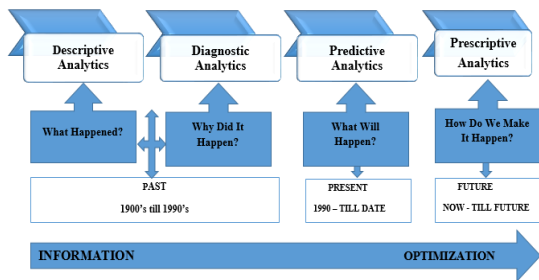


Figure 1. Evolution of analytics.

Analysts then acquire and prepare data from various sources for analysis using PAT. The data preparation process is comprised of the inspection, cleansing, and transformation of data with the objective of detecting useful information. The data analysis and predictive model development phase enables analysts to create accurate predictive hypotheses using standard statistical models of a PAT, trains the model to validate the hypotheses assumptions, and finally tests and validates hypotheses. At the predictive model deployment phase, the PAT solution is adopted to analyze results in the everyday decision-making process and report outcomes by automating the decisions based on the solution decision management engine [16]. After model deployments, the model performances are monitored by analysts [16]. PAT vendor solutions correlate and analyze events daily based on past activities, as patterns to identify situations worth investigating; and then notify a support team (fraud analyst) who will respond to the identified events [7].

In a top ten technology trends assessment report, ISACA (2015) gave insight into machine learning benefits and risks. Machine learning is a cognitive system that includes predictive analytics extending beyond big data analytics. Machine learning enables organizations to discover patterns from large datasets and automate data analysis that were previously performed by humans. Machine learning also enables an organization to learn from previous business interactions and deliver validated responses. ISACA (2015) ranks machine learning as fourth among the top ten value-producing digital innovation trends.

The benefits of machine learning include: increased retention of customers, generation of higher volume of sales, enhanced fraud mitigation and business processes improvements [20].

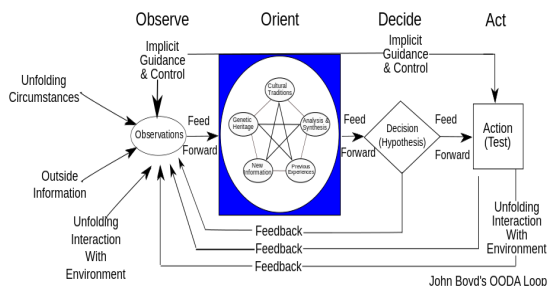


Figure 2. Diagram of a decision cycle.

Numerous studies have experimented with the use of different machine learning algorithm to detect credit card fraud. Machine learning algorithms react to credit card accounts that behave unusually by producing scores, rules or alerts using several potential signs of card fraud, as outlined by the ACFE (2015). *Neural Networks (NN)* are the common machine learning algorithm adopted by most PAT vendor solutions. *Neural Networks (NN)* seek to uncover non-intuitive relationships in data. Sahin et. al. (2011), Carneiro et. al. (2015), Mishra et. al. (2014) and Ryman-Tubb et. al. (2010) used life datasets as an experiment to compare the effectiveness of neural networks (NN) to other algorithm and concluded that neural networks performed better than other algorithms.

Raj & Portia (2011) comparative survey found that each machine learning algorithm adopted for credit card fraud prevention and detection has its various strengths and weaknesses. The strengths of NN identified by Sahin et. al. (2011), Carneiro et. al. (2015), Mishra et. al. (2014), Ryman-Tubb et. al. (2010) and Raj & Portia (2011) include a high degree of accuracy in detection of hidden patterns, learning, process speed, flexibility and performance. Moreover, the weaknesses of NN include higher false positive rates, and issues related to interpretability of data, model parameter settings, and improper selection issues in a large data set, as well as overall longer processing times and memory requirements. It is, therefore, imperative that an effective PAT vendor solution adopts the most effective machine learning algorithm to detect and prevent credit card fraud. However, an effective PAT vendor solution for credit card fraud prevention cannot be selected based on machine learning algorithms alone.

B. Using PAT to Detect Credit Card Fraud.

PAT detect and prevent credit card fraud by checking credit card schemes red flags [6] such as:

1. The purchase of an unusual items that have never been ordered before by the credit card account holder.
2. The purchase of several identical items on the same credit card.
3. Orders placed at odd times with an overnight shipping mode.
4. The shipment of purchased items to international addresses.
5. The shipment of merchandise to a single address where several transactions were conducted using multiple credit card accounts.
6. Multiple transactions on one card over a short period.
7. The use of multiple credit card accounts from a single internet protocol (IP) address containing identical telephone numbers and/or customer email address.
8. Transactions made with a credit card in locations that are vastly different from the registered cardholder's usual locations.

Queen (2015) compared the activities of FICO, Feedzai, Master Card Syniverse and Visa Finsphere in solving the challenges of reducing false positives while using analytics to prevent credit card fraud. Queen's (2015) article inferred that reducing the number of false positives is an important consideration for the use of PAT since about 80% of the

transactions declined when credit cardholders travel abroad are, in fact, legitimate. Vendors of PAT solution are making strides in effectively reducing the number of false positives through the use of enhanced anti-fraud analytics and mobile phone geolocation tracking techniques [23]. Visa’s Mobile Location Confirmation program that detects locations through mobile networks, Wi-Fi or GPS reduced the number of times that legitimate transactions were declined by fifty-five percent (55%) in a pilot study [23]. Apart from location, FICO’s Falcon systems consider other risk factors such as personal behavioral analytics, score system analysis, risky merchant identification, and purchase patterns to reduce false positives [23].

Collard (2011) suggested the need for the fraud detection industry to develop and implement enhanced capabilities solutions that provide predictive analytics, pattern recognition, complex event processing, content analytics, name matching, and business rules. A solution must be effective, coherent, agile, flexible, and multilayered in order to counter fraud effectively. However, existing packaged solutions do not have many of these capabilities. Thus, Collard advocates for the improvement of fraud detection capabilities in neural network-based solutions through the use of more advanced functionalities, such as business rules management systems (BRMS). BRMS can enhance better decisions making, reduce the false positive rate, improve customer experiences, and lower total cost of ownership. Collard also noted that organizations may be resistant to upgrading to more effective alternative fraud detection packages due to an increased total cost of ownership, a preference for black box/closed systems solutions and the ensuing need to change current operational workflow dictated by more advanced solutions.

III. RESEARCH SCOPE, LIMITATIONS & METHODOLOGY.

As part of the research process, we conducted a side-by-side comparison of five credit card PAT vendor solutions based on a “scorecard” created using publicly available information and a literature review process. These five credit card PAT vendor solutions were selected based on the outcomes of a Forbes survey of the top three vendors of advanced and Predictive Analytics (APA) software [25] in addition to an informal survey of the predictive analytics we had conducted as corroborative evidence.

Specifically, this research aimed at providing insights to the following research questions:

- 1) What are the common features, and capabilities of credit card fraud PAT vendor solutions?
- 2) What are the scorecard criteria for an effective and efficient credit card fraud PAT vendor solutions?
- 3) What are the challenges, risks, and limitations of credit card fraud PAT vendor solutions?

The research study conducted was limited by the following factors:

- 1) Time constraints limited the scope of this research work, as the research study had an allocated time frame of eleven weeks.

- 2) The vendor’s solution product data was obtained from secondary data sources such as vendors websites.

- 3) Due to a lack of appropriate test data and access to live credit card processing environments, vendor solutions were not functionally or operationally tested.

The methodology adopted for this research study was as follows:

- 1) A literature review was conducted to gain an understanding of processes, challenges, and risks in using PAT vendor solutions in general, as well as, gaining an understanding of the various features, capabilities and limitations of the top vendor solutions adopted in Canada. A scorecard was subsequently developed for the evaluation of an effective and efficient PAT vendor solutions based on a literature review of surveys, reports and studies conducted by various researchers on PAT vendor solutions, and publicly available information on features and capability of the top five PAT vendor solutions under study.

- 2) Following the development of the scorecard, a side-by-side comparison of the main features and capabilities of the top five PAT vendor solutions using publicly available information was performed.

- 3) Based on the aforementioned steps, a list of credit card fraud PAT challenges, risks, and limitations was outlined.

IV. PRESENTATION AND DISCUSSION OF RESULTS

A. Discussion of Credit Card fraud PAT Vendor Solutions.

PAT vendor solutions are adopted by financial institutions, credit card companies and other payment card service providers to detect credit card fraud in real-time and prevent fraud losses[24]. PAT vendor solutions have several capabilities for predicting the probability of credit card fraud in transactions [16] [36]. As previously mentioned, there are many PAT vendor solutions, but the chosen vendor solutions in this research paper were selected based on the results of a Forbes survey of three top vendors of advanced and Predictive Analytics (APA) Software [25], in addition to an informal survey of the PAT vendor solutions we had conducted as corroborative evidence presented in Table I.

TABLE I. INFORMAL SURVEY OF PAT VENDOR SOLUTION ADOPTED BY CANADIAN BANKS

SURVEY	BANKS						
	SCOTIA	HSBC	BMO	RBC	ATB	CIBC	TD
PAT VENDOR	FICO [8]	SAS [40]	FICO	SAS [41]	ACI PRM	FICO	FICO

- 1) *Falcon Fraud Manager*: Falcon Fraud Manager (Falcon) is one of the industry-leading PAT vendor solution adopted by Financial Institutions to reduce credit card fraud losses. Introduced in 1992 by Fair Isaac Corporation (FICO), Falcon monitors transactions for two-thirds of global payment cards worldwide (approx. 2.5 billion per year), and over 90% of North America credit card transactions [29]. Falcon can reduce fraud losses by over 50%, and has saved North American card issuers over USD \$10 billion and Asia-Pacific

card issuers over USD \$1.7 billion during the last 20 years[33]. Falcon's core capabilities include Falcon platform modules for debit and credit that can holistically prevent, detect and resolve financial fraud with better understating of customer's financial behavior.

2) *IBM SPSS Modeler*: Clementine was acquired by IBM from Integral Solutions Limited in 2009, and renamed IBM SPSS Modeler. IBM SPSS Modeler V17.0 is integrated with IBM SPSS Collaboration, IBM SPSS Analytic Server V2.0, and Deployment Services V7.0 to realize a sophisticated decision-making process for better outcomes[19]. IBM SPSS Modeler V17.0 has capabilities such as automated modeling, advanced algorithms, data preparation and manipulation. IBM SPSS Modeler can work in client mode (Local system) or client/server mode (distributed system)[30]. IBM machine learning algorithm included in IBM SPSS Modeler has resulted in a fifteen percent (15%) increase in fraud detection, fifty percent (50%) reduction of false alarms and sixty percent (60%) increase in total savings[46]. The IBM SPSS Modeler is based on an open and scalable architecture that allows for SQL pushback support, multithreading, clustering, and usage of embedded algorithms (in-database mining). Banking and financial services firms have adopted IBM SPSS Modeler to spot potentially fraudulent activities more efficiently[18].

3) *SAS Fraud Management*: SAS Institute Inc.'s SAS Fraud Management (SAS FM) is a full-service enterprisewide solution for transaction decisions and fraud detection developed to monitor various lines of business on a single platform. SAS FM has reduced losses from fraudulent transactions across tens of millions of debit and credit card accounts, lowered costs while increasing customer confidence for over 90 % of global banks customers, such as HSBC and RBC[24]. SAS FM increased customer satisfaction by ensuring up to Seventy-six 76% fewer false positives, while reducing fraud losses by seventy-five (75%)[24]. SAS FM system's architecture is a holistic enterprise fraud management system built on SAS' proven advanced platform that runs on IBM System z/OS. SAS FM solution modeling process can analyze various available data types such as household, customer, merchant, third-party, cycle-cut, issuer-specific data, deposits, authorizations, and nonmonetary transactions.

4) *Cyber Source Decision Manager*: CyberSource was acquired by Visa Inc from CyberSource Corp. in 2010 [27]. CyberSource is a hosted fraud management solution that has monitored over 60 billion transactions processed by CyberSource Corp. and Visa annually[34]. CyberSource has capabilities such as fraud detection radar, case management, rules engine, what-if-analysis, reporting, and analytics systems. CyberSource major focus is screening for "card not present" (CNP) credit card transactions presented in e-Commerce merchants environments. CyberSource provides the capability for a merchant to automate and streamline fraud

management operations and increase fraud detection accuracy[11].

5) *ACI Proactive Risk Manager*: ACI PRM offers modules that can detect a variety of financial crime techniques such as debit & credit card fraud, account fraud, merchant acquiring fraud, anti-money laundering and enterprise risk. ACI PRM is a cross-channel payment fraud management solution designed by ACI Worldwide Inc. to manage financial fraud risk. ACI PRM can reduce fraud losses by over 50% [25]. ACI PRM assesses and scores each transaction for credit card fraud risk in real time or near-real using various parameters, such as statistical analysis, expert rules-based engines, predictive analytics and advanced algorithms[43].

B. A Side by Side Comparison and Analysis of PAT vendor solutions.

1) *Scorecard criteria for comparison of PAT vendor solutions*: In compiling the relevant metrics for our side-by-side comparisons, the features and capabilities of total of five major PAT vendor solutions were identified , while articles and surveys on criteria for evaluation of PAT vendor solutions were also studied. The articles, reports and surveys' dates ranged from 2010 to 2016. Subsequently, an initial list of evaluation metrics were compiled, then streamlined to the following nine (9) most relevant ones:

a) *Solution Validation and Financial Measures*: This scorecard criteria is comprised of subcategories such as vendor's name, solution version, vendor's market shares[25][5][44], license option, solution's, return on investment (ROI), and total cost of ownership (TCO) [9].

b) *Ease of Use and Deployment*: This category included subcategories such as easy to use graphical user interface, flexible platform, software architecture, and operation system, support users interactions, hosting & deployment options, ease of installation, configuration and administration considerations, deployment options, and model training/learning capabilities [45].

c) *Data Handling and Integration Capabilities*: These capabilities include multiple databases interoperability, support for multiple data format (structured data, unstructured data, and geospatial data) and abilities to prepare, visualize and analyze data. Other capabilities considered in this category were flexible data input and output options capabilities and seamless integration with authorization systems [45].

d) *General Functionality Modules*: The general functionalities criteria included 100% transaction analysis, flexible scoring engine, adaptive advanced analytics model, flexible rules creation and management engine, flexible case review and workflow management. Other functionalities are fraud checking and detection power /speed [21], profiling technology capabilities and behavioral modeling, real-time decision management, email, and mobile application solution features [4][15] [38] [44].

e) *Performance Capabilities*: This category included the ability of the solution to assure enterprise-wide fraud detection and continuous operational management. A PAT vendor

solution must be scalable/extensible and adaptive to ensure optimum performance [9][44]. Finally, performance statistic of the model, fraud analyst and queued data must be captured and maintained by a PAT vendor solution [4].

f) *Reporting Capabilities:* A PAT vendor solution should have abilities to present real-time reports on observations and decision outcomes in both graphical and table formats manner. Predictive analytics vendor solution reporting capabilities should also include the ability to analyze historical data in order to identify trends [44].

g) *Security and Data Governance Capabilities:* Information technologies such as PAT vendor solutions should also capture and address information technologies risk relating to system security and data governance[14][44]. Therefore, a PAT vendor solution must contain secure access and authentication capabilities, logging capabilities to access audit trails and strong data encryption capabilities for data privacy.

h) *Solution Documentation and Vendor Support:* Another important criteria for assessing a PAT vendor solution is the availability of solution documentation and continuous commitment of vendors through customer support, training, certifications and consultancy services [44].

i) *Customized Features and Capabilities:* Vendors unique features and capabilities should also be considered when comparing one PAT vendor solution to another [44].

2) *Highlights of the Side by Side Comparison and Analysis of PAT Vendor Solutions:* All five PAT vendor solutions are enterprise-wide and commercially licenses solutions that operate on a flexible operating system. This research observed that FALCON, IBM SPSS AND SAS FM are market leaders while ACI PRM and CYBERSOURCE are contenders [5] [26]. The processing power & Speed of FALCON, IBM SPSS, and ACI PRM are real-time while SAS FM and CYBERSOURCE processing power & speed are tuneable (Real-time or offline)[12]. FALCON and ACI PRM adopt solely neuron network model as advanced analytics model, while IBM SPSS and SAS FM adopted hybrid models [3][15]. IBM and SAS can generate on-demand scoring capabilities. Case management capabilities in SAS FM is risk-based. All five PAT vendor solutions compared in this paper have similar features and capabilities, except for a few customizable features and capabilities unique to each vendor. Readers should note that due to research conference submission restrictions, we have decided to provide only the main highlights of the side-by-side comparisons of the five PAT vendor solutions under consideration in this research paper. Interested readers can request the detailed side-by-side comparison table by contacting the first author.

3) *Limitation of PAT Vendor Solutions:* All five technologies seem to have positive effects in reducing credit card losses, although no vendor solution can claim to be 100% effective[37][43][46]. All five technologies lack mobile device transaction's scoring and user's location tracking. This paper discovered that FALCON lacks an integration layer for importing data [5] while SAS FM customers had previously

encountered installation and upgrades issues [26]. Only FALCON, CYBERSOURCE, and ACI PRM provided information on logging and data encryption capabilities [3] [4]. A paper published by Forrester Wave (2016) revealed that customers perceived ACI PRM solution to be an OpenSQL as opposed to a neural network as claimed by the solution vendor. FALCON was also noted to be very expensive by customers [5].

C. *Challenges, risks and limitations of credit card fraud PAT vendor solutions.*

The major challenge of the PAT vendor solution are the false positive or false negative alerts generated by the solution model. The consequence of a false positive alert is an incorrect declination of a credit card transaction, thereby leading to customer dissatisfaction. A false negative alert can result in the false acceptance of a fraudulent transaction [20]. Table II presents a summary of challenges and risk of PAT vendor solutions and consequences.

TABLE II. CHALLENGES, RISKS AND LIMITATIONS OF PAT VENDOR SOLUTIONS.

CHALLENGES, RISKS AND LIMITATIONS	DESCRIPTION
Model And Algorithm Issues.(i.e. Neuron Network Model)	High false positive or false negative rates, expensive total cost of ownership and complexity in implementation, unreliable scores, limited training and learning capabilities and Inadaptability to swift changes in customer behavior or criminal tactics.
Cost Misclassification Matrices	Placing importance on transactions with larger amount but ignoring aggregate smaller amount.
Transactions size, data volume and complexity of business portfolios.	Merger, acquisitions, growth and globalization increased transactions size, data volume and complexity of business portfolios.
Human failure Risk.	Decision errors may arise from analyst's manual investigation of model scores or where the results of analyses are misunderstood or analyst lacks appropriate skills.
Information Technology Risk	Operational, technical security and data governance risk that may affect availability, performance and reliability of the solution.
Transactions data sources and systems interoperability.	Transactions data type, structure, system and database may differ in data format, or data are uncleaned.
Resistance to fraud data sharing.	Most institution resist sharing of fraud data there by limiting global combat of credit card fraud.
Compliance with requirements of law and Regulations.	Frequent changes in compliance with requirement of laws and regulations.

V. CONCLUSIONS

The primary drivers for the use of a PAT include a rise in the credit card fraud losses and cardholder's protection requirements by Federally Regulated Financial Institutions (FRFI) [13]. Credit card fraud losses in Canada increased by eighteen percent (18%) in 2014 compared to the base year 2013. This research paper studied the use of PAT by credit card companies and financial institutions to monitor, detect and

immediately recognize suspicious credit card transaction patterns as quickly as possible.

This research paper identified the desired features and capabilities of credit card fraud PAT vendor solutions by conducting a literature review. The research study further perform a side-by-side comparison of five credit card PAT vendor solutions adopted in Canada using a developed scorecard. The scorecard metrics included solution validation and financial measures, ease of use and deployment, data handling and integration capabilities, general functionality modules, performance capabilities, reporting capabilities, security and data governance capabilities, solution documentation and vendor support and customized capabilities.

Finally, the research study identified the major challenges, risks and limitations of PAT vendor solutions. The list included the inability of any PAT vendor solution to be 100% effective, model and algorithm issues, transactions data sources and systems interoperability issues, cost misclassification matrices issues, frequent scalability issues due to growth in transactions size, data volume, and complexity of business portfolios, resistance to fraud data sharing among vendors and players in credit card industry, compliance with requirements of law and regulations, lack of mobile device transaction scoring, user location tracking, human failure risk and information technology risks.

As such, a PAT vendor solution that can effectively integrate the relevant capabilities outlined in this paper while also addressing the related significant challenges, risks and limitations of PAT vendor solutions is bound to create real value and benefits to credit card issuers, by driving down operational and fraud losses, improving customer satisfaction and enabling further innovation.

REFERENCES

[1] A. Althothaily, A. Alrawai, X. Cheng and R. Bie, "A novel verification method for payment card systems," Springer-Verlag London 2015, pp. 1145-1157.

[2] ACFE, "Report to the nations on occupational fraud and abuse: 2014 global fraud study," 2014.

[3] ACI, "ACI PRM for debit and credit card fraud detection," 2014.

[4] ACI Worldwide, Inc., "ACI proactive risk manager for enterprise risk," 2014.

[5] A. Cser, "The forrester wave: enterprise fraud management, Q1 2016," the forrester wave, Cambridge, 2016.

[6] Association of Certified Fraud Examiners, "Credit card fraud," in 2015 fraud examiners manual (Canada), Austin, TX, Association of Certified Fraud Examiners, 2015, pp. 418-439.

[7] A. White, "Using analytics to improve service assurance: Reason #114 for learning math," 2013.

[8] Business Wire, "FICO provides frictionless model deployment in model Builder 7.1," 2011.

[9] Butler Analytics, "Enterprise predictive analytics comparisons," 2014.

[10] Canadian Bank Association, "Credit card fraud and interac debit card statistics - canadian issued cards," 2014.

[11] Cybersource, "Decision manager," Cybersource, 2015.

[12] Cybersource, "Fraud management solutions decision manager : Detect more fraud accurately and faster with the world's largest fraud detection radar," 2016.

[13] FCAC, "Credit card fraud: Your rights and responsibilities," 2014.

[14] F. Halper, "TDWI best practices report : Predictive analytics for business advantage," TDWI, 2014

[15] FICO, "Falcon fraud manager for debit and credit card,," 2015.

[16] F. Valentine, B. Roger and T. Wee-Hyong, "Predictive analytics with microsoft azure machine learning," in Predictive analytics with microsoft azure machine learning, Berkeley, Proquest, 2014, p. 5.

[17] Gartner, "Key trends and emerging technologies in advanced analytics.," in Gartner BI Summit 2014, Las Vegas, 2014.

[18] IBM , "IBM SPSS Modeler," 2015.

[19] IBM, "New capabilities of IBM SPSS Modeler V17.0," 2015.

[20] ISACA, "Machine learning drives big business benefits," ISACA, 2015.

[21] J. Pavia, E. Veres-Ferrera and G. Foix-Escurab, "Credit card incidents and control systems," International Journal of Information Management Volume 32, Issue 6., p. Pages 501–503, 2012.

[22] J. R. Boyd, The essence of winning and losing, South Carolina: Ginger Richards, 2012.

[23] K. H. Queen, "Advances in fraud analytics promise to stop crooks, not you," 2015.

[24] L. Clark, "How banks are detecting credit fraud," Computer Weekly, 2008.

[25] L. Columbus, "Roundup of analytics, big data and business intelligence forecasts and market estimates, 2014," Forbes, 2014.

[26] L. Kart, G. Herschel, A. Linden and J. Hare, "Magic quadrant for advanced analytics platforms," Gartner, Inc., 2016.

[27] M. Aspan, "Visa seeks online growth with CyberSource," Reuters, 2010.

[28] M. Carneiro, L. A. V. Dias, A. M. d. Cunha and L. F. S. Mialaret, "Cluster analysis and artificial neural networks: A case study in credit card fraud detection," in Information Technology - New Generations (ITNG), Las Vegas, 2015.

[29] M. Derderian, "A Falcon fraud overview," 2013.

[30] M. Ebbers, D. R. Chintala, P. Ranjan and L. Sreenivasan, "IBM redbooks," 2013.

[31] M. Mishra and R. Dash, "A comparative study of chebyshev functional link artificial neural network, multi-layer perceptron and decision tree for credit card fraud detection," in Information Technology (ICIT), Bhubaneswar, 2014.

[32] N. Ryman-Tubb and A. d'Avila Garcez, "SOAR — Sparse oracle-based adaptive rule extraction: Knowledge extraction from large-scale datasets to detect credit card fraud," in Neural Networks (IJCNN), Barcelona, 2010.

[33] PR Newswire, "BOCOM is first bank in China to fight fraud using leading FICO analytic solution," 2013.

[34] PYMNTS, "Inside CyberSource's new real-time fraud analytics tool," 2015.

[35] R. Collard, "Preventing fraud in credit and debit card transactions : A thought leadership white paper," IBM Corporation 2011, New york, 2011.

[36] S. Finlay, "Predictive analytics, data mining and big data: Myths, misconceptions and methods," Palgrave Macmillan , 2014, p. 2.

[37] SAS, "Nationwide reduces fraud losses by 75%," SAS, 2015.

[38] SAS Institute Inc, "SAS fraud management : Real-time scoring of all transactions for fast, accurate fraud detection," 2015.

[39] S. Raj and A. Portia, "Analysis on credit card fraud detection methods," in Computer, Communication and Electrical Technology (ICCET), Tamilnadu, 2011.

[40] SAS, "Reduce losses from fraudulent transactions," SAS, 2012..

[41] SAS, "Royal Bank of Canada avoids \$15 million in credit fraud losses," Journal of advanced analytics first quarter 2010, pp. 22-23, 2010.

[42] TheNelsonReport, "Card fraud losses reach \$16.31 Billion," The nelson report, no. 1068, p. 5, 2015.

[43] TechValidate, "Decreasing fraud rates with ACI proactive risk manager," Techvalidate, 2014.

[44] Ventana Research, "Predictive analytics: investing and selecting software properly," 2015.

[45] W. David and T. Kucera, "Predictive analytics buyers shop for success," Aberdeen Group, 2013.

[46] Y. Goldschmidt and DanGutfreund, "Using machine learning and stream computing to detect financial fraud," 2012.

- [47] Y. Sahin and E. Duman, "Detecting credit card fraud by ANN and logistic regression," in *Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, Istanbul, 2011.

Las Competencias Requeridas en el Egresado de Ingeniería de Software: Análisis y Perspectivas del Rediseño Curricular en la Carrera.

Universidad de la Fuerzas Armadas ESPE Ecuador

The Required Skills in the Software Engineering Graduate: Analysis and Perspectives of Curriculum Redesign in the Career. University of the Army Forces ESPE Ecuador

Edison Espinosa, Magda Cejas, Milton Escobar S.

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Universidad de las Fuerzas Armadas

Quito, Sangolquí.

egespinosa1@espe.edu.ec, mfcejas@espe.edu.ec,

mecacobar1@espe.edu.ec

María Elena Villapol.

mariaelena.villapol@gmail.com

Resumen — Las crecientes necesidades de programas de computación más productivos y eficientes requieren de profesionales capaces de desarrollar y gestionar software de calidad en una forma sistemática, controlada e idónea. Hace más de 35 años, se acuñó el término Ingeniería de Software que establece el uso de métodos para el desarrollo, operación y mantenimiento del software. Desde esa época la expresión ha sido usada en la industria, las organizaciones y la academia. Es así como varias universidades -alrededor del mundo- han creado la carrera de Ingeniería de Software o han incluido alguna opción profesional relacionada a esta área en su oferta académica. En Latinoamérica existen pocas Universidades que ofrecen esta área del conocimiento, al menos con esta identificación Ingeniería de Software. Ecuador ha sido pionera en la creación de esta carrera universitaria, cuando en el 2008 la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la implementó, la cual hasta hoy sigue siendo la única en el país. Después de seis años de su puesta en marcha, el Consejo de Educación Superior de Ecuador (CES) estableció que todas la Universidades del Ecuador deben realizar los rediseños de sus carreras o la creación de nuevas carreras. Aprovechando esta coyuntura se realizó un trabajo de investigación curricular para rediseñar la carrera de Ingeniería de Software en la ESPE. En este artículo se expone el proceso seguido para la realización de dicho rediseño y los resultados obtenidos. Adicionalmente se esboza la experiencia obtenida a través de estos seis años, considerando a la comunidad científica de ESPE- docentes, estudiantes y graduados- y generando a través de insumos documentales y de campo la información producto de este proceso investigativo. Lo expuesto en este trabajo es un aporte significativo para concebir el interés en aquellas universidades nacionales e internacionales que estén propensas a generar cambios en el marco de un currículo académico ajustado a las nuevas exigencias de la realidad actual y del mercado laboral.

Palabras Clave - carrera de ingeniería de software; rediseño; análisis; perspectivas; competencias.

Abstract — *The growing needs of more productive and efficient computer programs require professionals able to develop and to manage high-quality software in a systematic, controlled and appropriate way. Over 35 years ago, the term Software Engineering was coined to define the use of methods for the development, operation and maintenance of the software. Since then the*

expression has been used in the industry, organizations and academia. Several universities around the world have created the Software Engineering degree or courses. In Latin America there are few universities that offer this knowledge area, at least with the name of Software Engineering. Ecuador has been a pioneer in the creation of this profession, when in 2008 the Army Force University ESPE implements the degree, which remains the unique in the country. After six years of its implementation, the Council of Higher Education of Ecuador (CES) established that all the Ecuadorian Universities must redesign offered degree or could create new ones. Taking the advantages of this opportunity, the Software Engineering degree at ESPE was redesigned. In this paper, we present the redesign process followed and the results obtained. Additionally, we describe the experience gained through these six years, considering the scientific community of the ESPE - professors, students and graduated - and generating through the review of documents and surveys the results of the research. The results of the paper represent a contribution for national and international universities which wish to change the curriculum of theirs degrees according to the new requirements and current labor market.

Keywords – software engineering degree; redesign; analysis prospects.

I. INTRODUCCIÓN

Cada vez más se hace notoria la sociedad del conocimiento, en la cual converge diversas formas de comportamiento, relaciones interpersonales y además la transformación de entornos complejos que implica por sí mismo la tan necesaria consideración de la informatización y la diversificación en la llamada economía del conocimiento [1]. De esta manera la era tecnológica ha traído consigo una serie de aspectos que establecen de por sí la necesidad de repensar en torno a esta área del conocimiento aquellos procesos, métodos, técnicas y demás condiciones que giran en torno al mundo profesional del desarrollo de las aplicaciones de software y en consecuencia de los aspectos que determinan la consecución y fines de la carrera profesional de esta área. Es así como el concepto de Ingeniería del Software nace en la era de los setenta [8].

Cabe destacar que, desde sus inicios en el área de la carrera profesional, esta estuvo vinculada a las matemáticas, no obstante, a lo largo del tiempo y desarrollo de la misma, su

articulación ha estado sujeta a otras áreas de competencias, que implican considerar tanto el avance del hardware como de software. De esta manera la complejidad de estos dos procesos, hace posible la comprensión de los detalles del diseño y construcción que cada uno de estos posee. En un aspecto, se encuentra los grandes sistemas, cuya complejidad infiere la utilización de técnicas específicas y formales, que permitan la consecución de las funciones determinadas, para el logro de los proyectos que se requieran y por el otro la complejidad se hace presente aun cuando se requiera de sistemas más accesibles, cuya funcionalidad permita el uso igualmente de técnicas menos específicas, pero si tener en cuenta la misma disciplina.

Desde esta perspectiva y en este orden de ideas, la carrera de IS ha venido transformándose en virtud de los diversos cambios originados en la actualidad, producto de procesos globalizadores y de la propia innovación. El Joint Task Force for Computing Curricula 2005 [6] señala, a través de su informe, las diferentes carreras que se han derivado inicialmente de la carrera de computación, lógicamente esto ha sido en virtud de sostener las competencias comunes y sus respectivas denominaciones para todas las nuevas carreras inherentes al área y buscando como propósito la homologación respectiva y posible movilidad de y entre profesionales del área alrededor del mundo.

En el caso en particular de esta investigación la carrera de IS en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador surge en el año 2008, como una derivación de la carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática, por la necesidad de profesionales capaces de gestionar y desarrollar software de calidad en el país. Al inicio del plan que se propone la institución de referencia, su propósito era la creación de una carrera profesional enfocada a todos los aspectos relacionados al desarrollo de software, sin embargo, la disponibilidad del personal profesional y especializado en el área de la IS, la experiencia y competencias requeridas en el área de Ingeniería de Sistemas e Informática y ciertos lineamientos internos de la Universidad, propició que el Plan de Estudio actual tenga una carga de contenidos y asignaturas que no corresponden a las necesidades actuales de esta área del conocimiento. En consecuencia el graduado o el aspirante a IS requiere de actualizaciones en aquellas áreas del conocimiento y por ende de las competencias específicas para alcanzar el perfil deseado y esperado.

En otro orden de ideas, impulsado por los actuales requerimientos gubernamentales que se establecen en Ecuador, específicamente en términos de la actualizaciones de los planes de estudio de la Universidades Ecuatorianas, los responsables de la carrera y la comunidad científica que labora en esta área, genera la necesidad de una revisión exhaustiva del Plan de Estudio de la carrera de IS, planteando así un rediseño curricular de la misma. Por lo cual el propósito de este rediseño consistiría en contar con seis años de experiencia, en términos de la calidad de los graduados, el rendimiento estudiantil, experiencia de los profesores. Es así como esta investigación apunta a resaltar el trabajo inicial de diagnóstico que gira en torno a este cambio curricular – matriz- y al estudio de las competencias genéricas y específicas que garantizarán un profesional de calidad que demuestre en el contexto laboral un desempeño idóneo. Cabe destacar igualmente que la

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE es pionera en el país –Ecuador- que ofrece a la colectividad esta carrera universitaria. Los resultados que se muestran a continuación son de particular importancia debido a que la carrera de IS ofrece al mercado laboral un profesional de gran nivel en esta área técnica. Adicionalmente, esta carrera solo existe en pocas universidades a nivel de América Latina. Por lo tanto, se pretende que la experiencia aquí detallada permita contribuir al desarrollo de la carrera en otras instituciones a nivel nacional e internacional.

El artículo se encuentra distribuido de la siguiente manera. En la sección II se describe el método para el rediseño de la carrera. El rediseño curricular está basado en una serie de principios que se detallan en la sección III. Se puntualizan a continuación las competencias del graduado de la carrera en la sección IV. En la sección V se presenta la estructuración del conocimiento que debe adquirir el estudiante de la carrera organizado de acuerdo a los componentes curriculares establecidos por el *Consejo de Educación Superior de Ecuador (CES)*. En la sección VI se despliegan los cambios propuestos que delimitan el rediseño curricular. Una revisión de la experiencia adquirida en los seis años desde que se implementó la carrera en función de la consulta a varios de los actores de la carrera y a estadísticas recolectadas a través de los años, se presenta en la sección VII. Finalmente, la sección VIII concluye el artículo delineando los trabajos futuros que se desprenden de esta investigación.

II. MÉTODOS APLICADOS AL REDISEÑO DE LA CARRERA DE INGENIERIA DE SOFTWARE DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE.

En el marco de la transformación curricular seguida para llevar a cabo el proceso de rediseño de la carrera de IS se siguieron diversas directrices por parte de los expertos en el área de competencias, paralelo a ello se siguieron las normativas establecidas por el *Consejo de Educación Superior de Ecuador (CES)* [2], las recomendadas por la *IEEE Computer Society* y la *ACM* para el currículo de la carrera de Ingeniería de Software (SE2004) [5][7] y además se asumieron las normativas internas propias de la universidad objeto de este estudio y de modo particular se consideró el proceso desarrollo de software de la IEEE 12207 [4]. Adicionalmente, el equipo de investigadores de la carrera en referencia del trabajo del rediseño logró articularse con la experiencia de la carrera, adquirida en estos seis años desde su creación e implementación. En virtud de lo expresado, importante resulta destacar los aspectos que consolidan el trabajo del rediseño seguido por parte de la institución y que sirvieron de base fundamental en el marco de dicha transformación:

A. Principios básicos para el desarrollo de la carrera, tomando en cuenta los factores que dieron connotación lógica y sistemática al proceso de cambio de matriz curricular.

La institución establece una serie de lineamientos basados en ideas y creencias para el desarrollo curricular de la carrera de IS. Algunos de estos principios fueron considerados para la propuesta del rediseño de la carrera en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

B. Establecimiento de las competencias del graduado en Ingeniería del Software.

Las competencias de un IS son aquellas capacidades habilidades, destrezas y conocimiento que permite el desarrollo de un ejercicio eficaz y la demostración de un desempeño idóneo en el área de la Ciencias de la Computación complementando sus saberes en base a las Matemáticas, Ingeniería y Sistema de Información.

C. Conocimiento que debe adquirir un estudiante de la carrera.

Se deben especificar las asignaturas que agrupan el conocimiento que debe adquirir un estudiante de la carrera. Además se deben identificar las diversas áreas que agrupan el conocimiento específico relacionado a la carrera, las que agrupan el conocimiento que deben ser adquirido de otras áreas relacionadas (por ejemplo, Ciencias de la Computación y Matemáticas) y aquellas que aportan a la formación integral del estudiante (por ejemplo, asignaturas del área humanística).

D. Lineamientos de las instituciones que regulan la educación en Ecuador.

Existe la necesidad de adaptar el rediseño curricular a las normativas y lineamientos establecidos por el CES, quien regula las carreras a nivel de pregrado y postgrado del país. Igualmente en el proceso de rediseño hay que tomar en cuenta los principios y lineamientos en materia curricular establecidos por la Universidad.

E. Experiencia previa.

El rediseño curricular debe tomar en cuenta la experiencia adquirida durante el desarrollo previo de la carrera.

III. PRINCIPIOS DEL REDISEÑO DE LA CARRERA EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

A continuación, se esbozan los principios que se consideran en torno al rediseño de la carrera agrupados de acuerdo a su alcance.

A. La Ingeniería del Software se apoya en una amplia variedad de disciplinas [5].

Es importante reconocer que un estudiante de la carrera no puede adquirir exclusivamente conocimientos y habilidades relacionadas al área de IS, por el contrario debe adquirir los fundamentos provistos por otras disciplinas tal como la Ciencias de la Computación y utilizar conceptos de disciplinas tales como Matemáticas, Ingeniería y Sistemas de Información.

B. Constante revisión del currículo [5].

Los vertiginosos cambios ocurridos en el área de la computación imponen la necesidad de una revisión constante del currículo de la carrera, esta es una de las razones por la cual se ha realizado una revisión del currículo de Ingeniería del Software.

C. Desarrollo de un currículo que se adapte a los cambios en tecnologías, prácticas y aplicaciones y a un aprendizaje duradero en el tiempo [5].

El currículo debe adaptarse a los cambios tecnológicos en el área pero también tener una duración en el tiempo con la

finalidad de evitar actualizaciones del mismo a muy corto plazo.

D. El currículo debe ser flexible y fácil de implementarse[5].

El currículo debe estar compuesto por unidades de aprendizaje fácilmente de implementarse.

E. El currículo debe incluir todas las competencias y conocimiento que un graduado debería tener [5].

Como establecido en la Sección II- (B).

F. Definición apropiada del conocimiento que debe adquirir un estudiante de la carrera [5].

Es importante identificar el conocimiento que debe formar parte del núcleo de la carrera y que debe incluirse en la malla de la carrera de Ingeniería del Software a nivel nacional como propuesto por el CES [2] o internacional y separarlo de aquel conocimiento suplementario que puede variar de una institución a otra. Ese conocimiento básico debe estar apropiadamente extendido a lo largo del currículo.

G. La carrera debe tener un alcance internacional [5].

A pesar del que el currículo debe tomar en cuenta los requerimientos y aspectos culturales del país, es necesario que se considere su aplicabilidad a nivel internacional para permitir la movilidad de los estudiantes y el ejercicio de la profesión en una amplia variedad de países.

H. El currículo debe estar vinculado con la sociedad [2].

El currículo debe tener un componente explícito que permita la vinculación de los estudiantes de la carrera con la sociedad.

I. El currículo debe desarrollarse tomando en cuenta tres vértices de la institución.

Los tres vértices fundamentales de la Universidad para el rediseño curricular son: los objetivos de la carrera, la calidad del graduado y las potencialidades de la institución en materia docente y de su articulación con otras carreras de la institución.

IV. LAS COMPETENCIAS GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS DEL PROFESIONAL DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE: UN ENFOQUE INNOVADOR A RAÍZ DE LOS CAMBIOS DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y LA PROFESIONALIZACIÓN .

En la actualidad se conocen múltiples experiencias generadas en base a la determinación y pertinencia de las competencias en el profesional que egresa de la educación superior [5]. El modelo de competencias hace posible proveer a los sistemas, instituciones, a las personas la descripción de términos enmarcados en los comportamientos, conocimientos, las habilidades y las actitudes necesarias para un desempeño idóneo en el puesto de trabajo. En función a ello, las instituciones de educación superior se han interesado en la formalización de sus propios modelos para garantizar la idoneidad del desempeño profesional de sus graduados y en correlación de las exigencias del mercado laboral. En la identificación y definición de las competencias de un profesional caso instituciones universitarias– es importante e imprescindible la participación de la comunidad científica para determinar aquellas que sean pertinentes a la carrera, pero

además que garanticen el logro del perfil de la titulación alineada con la misión y visión de la institución.

De esta manera, en la estructura de la Ingeniería de Software, el equipo de expertos de la comunidad científica en el área generó a través de mesas de trabajo y dinámicas grupales el estudio de las competencias genéricas que caracterizan al profesional de Software (como establecido en el principio (E)), por lo cual se partió de las habilidades propias del mismo, entre las que se destacan:

- a) Actúa en diversos escenarios organizacionales y tecnológicos, demostrando valores humanos generales y propios de la profesión, fomentando el desarrollo de las ciencias y artes; respetando la diversidad cultural y equidad de género;
- b) Interpreta y resuelve problemas de la realidad aplicando métodos de investigación, métodos propios de las ciencias, herramientas tecnológicas y diversas fuentes de información demostrando honestidad, responsabilidad, trabajo en equipo y derecho de autor (respeto a la propiedad intelectual).
- c) Lidera proyectos de desarrollo social y empresarial auto sustentados, con espíritu emprendedor.
- d) Demuestra en su accionar personal y profesional una cultura protectora del ambiente.

En cuanto a las competencias específicas (principio (e)) se logró definir las siguientes en virtud del contexto evaluado en el área:

- 1) Gestiona y planifica el proyecto software, estimando costos, identificando riesgos, especificando estándares de calidad y controlando la evolución de los productos del desarrollo software, aplicando políticas y procedimientos a fin de garantizar seguridad, control y evaluación de la información cumpliendo con el marco legal vigente nacional e internacional.
- 2) Controla la calidad de los productos resultantes del proceso de ingeniería de software a través de la aplicación de procesos de verificación y validación.
- 3) Desarrolla, mantiene y evalúa proyectos de Software aplicando las teorías, los principios, los métodos y las prácticas de Ingeniería del Software y siguiendo estándares nacionales e internacionales que garanticen la calidad de los productos generados, liderando grupos de trabajo con creatividad, eficiencia, eficacia y responsabilidad profesional.
 - a) Aplica el proceso de ingeniería de requisitos, educación de necesidades del usuario, análisis de conflictos, documentación y gestión de los requisitos de un sistema software.
 - b) Analiza, diseña, implementa y evalúa bases de datos y define políticas de seguridad, respaldos y recuperación de las mismas, garantizando su confidencialidad, integridad y disponibilidad.
- 4) Desarrolla, mantiene y evalúa servicios y aplicaciones distribuidas con soporte de red.

- 5) Aprende nuevos modelos y tecnologías tan pronto como emergen y mantiene un desarrollo profesional continuo.
- 6) Desarrollar soluciones de software innovadoras.
- 7) Soluciona problemas de integración en función de las estrategias, de los estándares y de las tecnologías disponibles.

V. MATRIZ CURRICULAR DEL ÁREA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE: CLAVE EN LA FORMACION PROFESIONAL DEL GRADUADO .

Siguiendo los principios (D) y (F), la distribución de los conocimientos para desarrollar el perfil profesional y académico de los estudiantes de la carrera se realizó en función de los componentes de la estructura curricular definidos por el CES [2]: las unidades de organización curricular y los campos de formación. El CES define estos dos componentes como se indica a continuación:

“Las unidades de organización curricular son formas de ordenamiento de las asignaturas, cursos o sus equivalentes a lo largo de la carrera o programa, que permiten integrar el aprendizaje en cada período académico, articulando los conocimientos de modo progresivo. Los campos de formación son formas de organización de los conocimientos en función de sus propósitos y objetivos.” [2]

Las unidades de organización curricular se dividen en: *básica, profesional y titulación*. Las asignaturas de la unidad básica aportan los fundamentos que debe tener el estudiante en la carrera, mientras que la unidad profesional comprende las asignaturas relacionadas con la carrera de Ingeniería del Software (en este caso) y las disciplinas de computación y matemáticas que aportan los fundamentos requeridos en la carrera (como establecido en el principio (a)). La unidad de titulación incluye aquellas asignaturas de Ingeniería de Software y de otras áreas que terminan de formar el perfil profesional del graduado.

Los campos de formación de la educación superior de acuerdo al CES son: *fundamentos teóricos, praxis profesional, epistemología y metodología de la investigación, integración de saberes, contextos y culturas y comunicación y lenguajes*. El primer campo establece los conocimientos básicos que sustentan los saberes teóricos-prácticos y metodológicos correspondientes al campo profesional. El campo de epistemología y metodología de la investigación agrupa el conocimiento que busca generar las competencias en investigación del estudiante. El campo de integración de saberes, contextos y culturas complementa la formación profesional a través de la educación en derechos humanos, valores, realidad socio-económica, cultural y ecológica nacional e internacional. Finalmente el campo de comunicación y lenguajes busca el desarrollo del lenguaje y habilidades de comunicación oral y escrita del estudiante de la carrera.

Una relación de estos componentes curriculares desde el punto de vista del rediseño curricular planteado en este documento se muestra en la Figure 1. Cabe subrayar que las áreas de Ingeniería del Software, Computación y Matemáticas aportan los fundamentos teóricos y la praxis profesional. En las

siguientes secciones se detallan las asignaturas definidas en cada uno de los campos de formación.

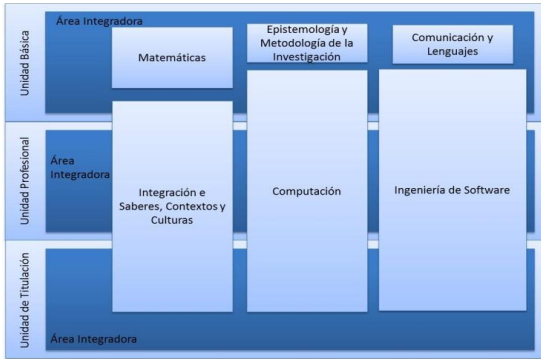


Figure 1. Componentes curriculares de la carrera.

A. Área de la Ingeniería de Software.

No obstante desde la perspectiva y enfoque que se originó a raíz de los cambios propiciados en la matriz curricular específicamente en el área de Ingeniería de Software se determinó que se agruparán las asignaturas inherentes con la formación básica y profesional del estudiante y que determinan la formación deseada por la carrera. En el caso específico de la carrera, estas asignaturas se dividieron en sub áreas haciendo uso de la recomendación ISO/IEC IEEE 12207 [4] (garantizando así el principio (g)). En el contexto de esta norma, se considera al ciclo de vida del software como un marco de referencia que contiene: los procesos, las actividades y las tareas involucradas en la gestión, el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto software. A tenor de lo señalado cabe indicar que el ciclo de vida de un sistema software [3], establece un conjunto de etapas por las que pasa un producto software en el tiempo, el cual inicia cuando el producto es concebido y finaliza cuando el software ya no se utiliza. El ciclo de vida se caracteriza tanto por especificar un orden preestablecido de etapas así como por establecer los criterios de transición de una etapa a otra. La Figure 2. muestra los conocimientos en el área que debe adquirir un estudiante de la carrera, alineado al ciclo de vida para el desarrollo software.

B. Área de Computación y de Matemáticas.

El área correspondiente a Computación, hace especial referencia al conocimiento que engloba los principios teóricos e innovadores de la computación y de la infraestructura de los sistemas. La Figure 3. muestra las asignaturas que agrupan los conocimientos en esta área.

En la Figure 4. se muestran las asignaturas del área de Matemáticas, las cuales son determinadas de acuerdo a los lineamientos de la institución (principio I). Estos establecen, que al tratarse de una carrera de ingeniería, los estudiantes deben adquirir un mínimo de conocimientos en el área de las matemáticas estipulados por la universidad.

C. Áreas Restantes.

La Figure 5. muestra las asignaturas en las restantes áreas de conocimiento.

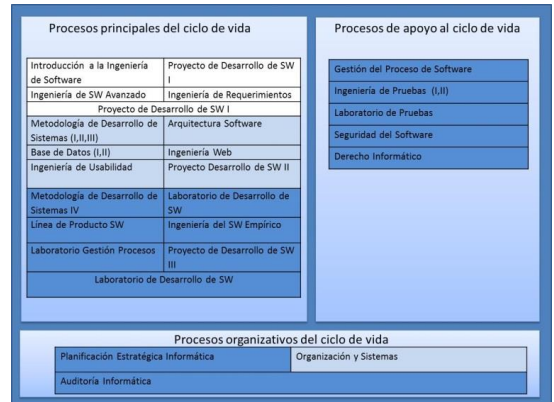


Figure 2. Agrupación de las asignaturas del área profesional Ingeniería de Software de acuerdo al ciclo de vida de desarrollo de software propuesto por [4].



Figure 3. Asignaturas del área de Computación.



Figure 4. Asignaturas del área de Matemática.



Figure 5. Asignaturas pertenecientes a las áreas restantes.

D. Asignaturas Opativas, Certificaciones y Proyecto de Grado

Con la finalidad de cumplir con el principio (c) y los requerimientos de titulación establecidos por [2] y adoptados por la institución, se incorporaron dos asignaturas opativas, dos certificaciones y un Proyecto de Grado, la primera puede aportar al conocimiento en Ingeniería de Software o Computación, mientras que las restantes están centradas en el área de Ingeniería de Software exclusivamente (ver Figure 6.).

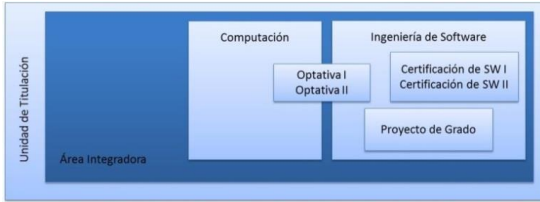


Figure 6. Asignaturas Opativas, Certificaciones y Proyecto de Grado.

E. Relacionando las Asignaturas y las Competencias.

Una vez determinado el conocimiento que debe adquirir un estudiante de la carrera, se estableció la relación entre cada asignatura y las competencias (ver sección IV). Por ejemplo, la asignatura Sistemas Operativos proporciona las competencias 3,4 y 5 al estudiante, mientras que Ingeniería de Pruebas proporciona las competencias 2,3 y 6. Todas las asignaturas de Programación proporcionan las competencias 3 y 6 mientras que todas las Metodologías de Desarrollo proporcionan las competencias 1,3 y 6.

F. Fundamentación de la Estructura de la Malla Curricular.

Debido a las limitaciones en espacio de este artículo no es posible incluir la malla curricular propuesta, sin embargo a continuación se describirá la razón fundamental de cómo la misma ha sido estructurada. En la unidad básica el estudiante debe adquirir las habilidades y destrezas que tiene que con la implementación de los algoritmos en cualquier lenguaje de programación vía las asignaturas de programación del área de Computación (ver Figure 3.) y las asignaturas de Ingeniería de Software: Introducción a la Ingeniería de Software e Ingeniería de Software Avanzado (ver Figure 2.). Un ejemplo de la secuencia de cursos que debe tomar un estudiante a fin de adquirir las competencias correspondientes se muestra en la Figure 7.

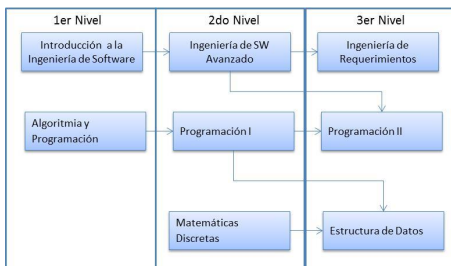


Figure 7. Ejemplo de secuencias de asignaturas que contribuyen a la formación del estudiante en programación.

En la unidad profesional se definen una serie de asignaturas que buscan que el estudiante adquiera las competencias relacionadas a los aspectos metodológicos del desarrollo de software como se muestra en la Figure 8. , a medida que siguen fortaleciendo las habilidades y destrezas asociadas a la programación.

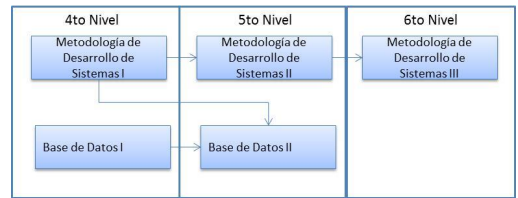


Figure 8. Ejemplo de secuencias de asignaturas que contribuyen a la formación del estudiante en los aspectos metodológicos del desarrollo de software.

La unidad de titulación incluye una serie de asignaturas que buscan formar al estudiante en los aspectos relacionados a los procesos de apoyo del desarrollo de software, tales como la validación y verificación, y con los procesos organizativos del ciclo de vida de software, que junto a una serie de cursos del área de integración de saberes, contextos y culturas y de matemáticas buscan desarrollar las competencias gerenciales de los estudiantes.

VI. CAMBIOS ORIGINADOS EN LA MATRIZ CURRICULAR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA DE SOFTWARE- UNA PROPUESTA INNOVADORA EN ECUADOR.

En este documento se han propuesto una serie de cambios al currículo de la carrera de Ingeniería de Software, que incluye la modificación a la malla curricular y a los contenidos de las asignaturas en función de las nuevas competencias del graduado. En la Figure 9. se muestra una comparación que cuantifica, en función del número de las asignaturas actuales y propuestas y sus correspondientes créditos, los cambios realizados. Como se puede observar el rediseño planteado modifica el foco del graduado para alinearlo con los objetivos y lineamientos de la Ingeniería de Software, a través de la eliminación de asignaturas que no contribuían directamente al perfil profesional, tal como Sistemas Digitales (del área de Electrónica), y agregando asignaturas que aportan a otras sub áreas de la Ingeniería de Software no consideradas en la definición de currículo actual.

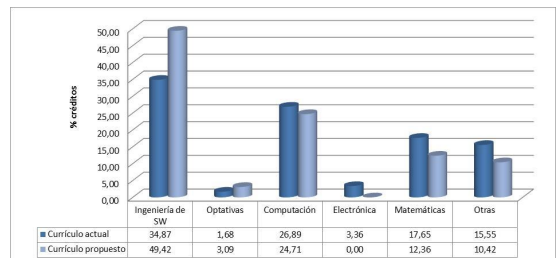


Figure 9. Comparación del currículo actual y el propuesto de acuerdo al porcentaje de créditos por área.

VII. LECCIÓN APRENDIDA: UNA EXPERIENCIA DESDE EL SENO CURRICULAR, DOCENTE Y DE INVESTIGACIÓN

A continuación, se esboza la experiencia que han dejado estos seis años desde la implementación de la carrera.

A. Competencias del Ingeniero en Software en base al conocimiento y experiencia de los docentes investigadores del área.

Se realizó un dinámica de grupo con los docentes, en la cual se les pidió que puntualizaran las fortalezas y debilidades de la carrera y las competencias que deberían tener los graduados, todo ello en función de su experiencia durante los años que lleva implementada la misma. Se les solicitó que cuantificaran estos aspectos con un valor numérico entero entre el 1 y el 5, siendo el 5 la mayor puntuación. Un valor de 0 significa que no hubo opinión al respecto. La Figure 10. a la Figure 12. muestran los resultados en función de los tres grupos de trabajo (que incluían entre 4 y 5 docentes) que se formaron.

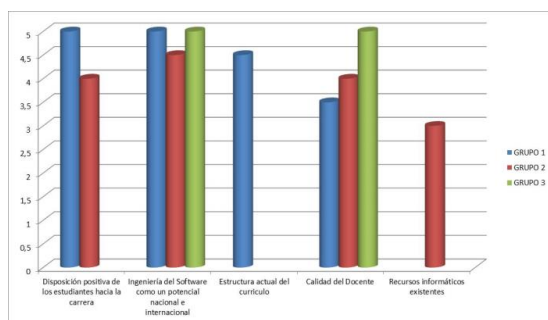


Figure 10. Fortalezas de la carrera de acuerdo a la opinión de los docentes.

En la Figure 10. se puede notar que los docentes reconocen que la carrera es necesaria tanto a nivel nacional como internacional. Además consideran que después de todos estos años existe un cuerpo docente de calidad para formar los graduados que necesita el país. Solo un grupo ve en la estructura actual del currículo una fortaleza. Adicionalmente la mayoría de docentes opina que los estudiantes tienen una actitud positiva hacia la carrera que contribuye a una alta motivación hacia la misma.

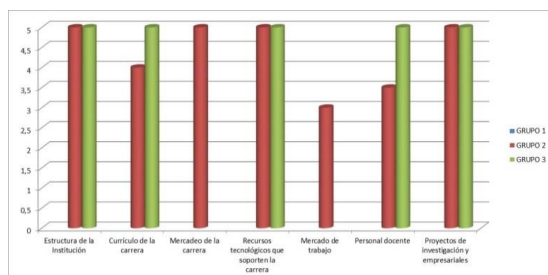
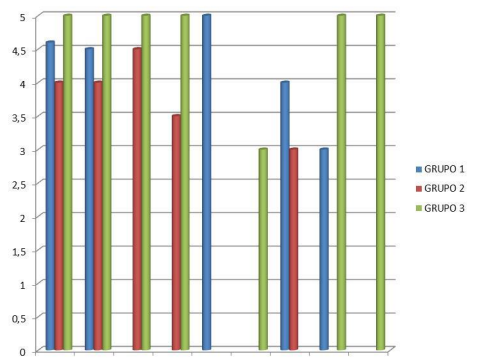


Figure 11. Deficiencias de la carrera de acuerdo a la opinión de los docentes.

Los resultados de la Figure 11. se obtuvieron con la opinión de solo dos grupos de docentes. Hay un consenso entre los docentes de que existen deficiencias en la estructura actual del currículo. A pesar de que ellos indicaron que la calidad del personal docente (Figure 10.) es una fortaleza, opinaron que deben avanzar en las relaciones entre la academia y el sector empresarial y tener un mayor compromiso con la institución. Los resultados también muestran que los docentes no se sienten cómodos con la estructura de la institución y el compromiso de los directores del departamento con la carrera. También hay un consenso de que existe una necesidad de aumentar el número de proyectos de investigación y de vinculación con las empresas privadas y el sector público.



1. Aplicar el ciclo de vida del software establecidos en los correspondientes estándares en los desarrollos correspondientes.
2. Aplicar principios innovadores durante el desarrollo de software.
3. Elaborar programas computacionales siguiendo diversos paradigmas y en diversos lenguajes de programación.
4. Demostrar habilidades de comunicación oral y escrita en la práctica profesional.
5. Utilizar los principios de ética establecidos por la institución y la nación en el ejercicio profesional.
6. Practicar los mecanismos de configuración de redes de datos.
7. Aplicar los principios de liderazgo y trabajo en equipo durante la práctica profesional.
8. Utilizar la metodología para resolver problemas de investigación.
9. Demostrar habilidades de comunicación en inglés para leer documentos técnicos y científicos y escribir reportes y artículos científicos.

Figure 12. Competencias del graduado de la carrera de acuerdo a los docentes.

Los resultados en la Figure 12. muestran que todos los docentes están de acuerdo en que un graduado de poder aplicar el ciclo de vida desarrollo de software y ser innovador en la realización de estas actividades-- tal como se establece en las competencias definidas en la sección IV.

B. Graduados: como indicadores de la productividad de la carrera en la institución

Actualmente solo existen 10 graduados en la carrera. Este bajo número se debe a varios factores. Primero la transición entre la carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática a la de Ingeniería de Software, conllevó a que varios estudiantes se graduaran con el título de la primera. En su inicio en el año 2009, esta era una carrera poco conocida con un mercado de trabajo en el área deprimido, por lo cual no existía un interés entre la población en estudiar esta carrera. Solo a partir del año 2013 el número de estudiantes que entran a estudiar la carrera se ha ido incrementando.

C. *Deserción: como indicador que permitirá conocer a profundidad el grado de deserción existente a partir de los primeros semestres de la carrera universitaria*

Actualmente existen un total de 71 estudiantes activos en la carrera de software. Al relacionar este valor con el número de estudiantes que han ingresado desde la implementación de la carrera en el año 2008 se tiene un valor de la deserción estudiantil que se obtiene de la siguiente forma:

$$\% \text{ deserción} = 100 - \left(\frac{NEA + NG}{TEI} * 100 \right)$$

Donde NEA es el número de estudiantes activos, NG el número de graduados y TEI el número de estudiantes que han ingresado en todo el periodo. Se tiene que NEA = 71, NG = 10 y TEI = 202. Por lo que el porcentaje de deserción es 59,90%. Aunque no se estudiaron formalmente los motivos que conllevan a este índice de deserción, se estima que algunas de las causas de la misma son: cierta cantidad de estudiantes ingresan en esta carrera y luego se cambian a otras áreas de la ingeniería donde la institución de acogida posiblemente tiene más experiencia- para el estudiante- y probablemente esta institución de acogida tenga mayor tiempo en el mercado académico, otra razón es el número de veces de repitencia que tiene el estudiante en la ESPE, esta no puede ser mayor de dos veces, por consiguiente el estudiante no continúa en la carrera, también el mercado de trabajo recién comienza a desarrollarse en el país en el desarrollo y gestión de software, lo que genera e implica para el estudiante una transición de la carrera de Ingeniería de Sistemas e Informática a la carrera de Ingeniería de Software, sumado a los factores mencionado es importante indicar la poca experiencia de los docentes en la especialización técnica del área y la existencia de asignaturas poco relacionadas con la carrera.

VIII. CONCLUSIONES.

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en su empeño de formar un profesional en Ingeniería de Software cuyas competencias estén acorde con la realidad nacional y mundial, permitiendo con ello asumir los lineamientos del CES en cuanto al proceso de revisión curricular y la formulación de propuestas de cambios, ha iniciado la revisión, evaluación y modificación del currículo de la carrera. En este artículo se muestran los resultados del rediseño producto de una evaluación del currículo existente y de la revisión de las recomendaciones de la *IEEE Computer Society* y la *ACM* para el currículo de la carrera de Ingeniería de Software (SE2004), las normativas internas propias de la universidad objeto de este estudio y del proceso desarrollo de software del estándar IEEE 12207, lo cual permite dejar un precedente reflexivo sobre todos aquellos componentes que generarían valor al momento de realizar el rediseño final, siendo uno de ellos los avances en las asignaturas que hoy cobran valor en esta área del conocimiento pero también las competencias esperadas del graduado.

El fundamento del rediseño se basó en proponer el perfil de un profesional que se irá formando gradualmente de acuerdo a las unidades establecidas por el CES; partiendo de la obtención de las competencias relacionadas a la programación en la

unidad básica, para luego adquirir las habilidades y destrezas relacionadas a las metodologías de desarrollo del software, para finalmente conseguir las competencias en los aspectos relacionados a los procesos de apoyo del desarrollo de software, organizativos del ciclo de vida de software y gerenciales.

El estudio de la experiencia adquirida en los seis años que lleva la carrera, mostró que los docentes reconocen la pertinencia de la carrera tanto a nivel nacional como internacional, ven una fuerte motivación de los estudiantes hacia la carrera y tienen una alta confianza en la calidad de los profesores. Sin embargo, perciben en la estructura actual de currículo ciertas deficiencias como también la gran necesidad que se deba avanzar en la estructura de la institución y en el compromiso de los docentes con la carrera. A tenor de lo expuesto también la consideración en torno a las competencias, que permitió el estudio considerar que los expertos en el área están de acuerdo en que el estudiante debe ser capaz de aplicar el ciclo de vida del software y debe desarrollar su capacidad innovadora durante la carrera.

Por otra parte, los resultados muestran que existen pocos graduados y una alta deserción. La propuesta de rediseño descrita en este artículo, junto a las recomendaciones expuestas por los docentes y la experiencia adquirida en estos años pretenden subsanar estos problemas.

El estudio aquí realizado indudablemente es un insumo invaluable para las siguientes fases del rediseño curricular: socialización del currículo, aprobación de la propuesta por la institución y el CES y la implementación del mismo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.

- [1] Castells, M., "The Rise of the Network Society". The Information Age: Economy, Society and Culture Vol. I. Cambridge, MA; Oxford, UK: Blackwell, 1996.
- [2] Consejo de Educación Superior de Ecuador. "Reglamento de Régimen Académico". 21 de noviembre de 2013.
- [3] IEEE Std 610 – "IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology", 1990.
- [4] International Organization for Standardization, "ISO/IEC/IEEE 12207:2008 - Systems and software engineering -- Software life cycle processes," ISO/IEC, Mar. 2008.
- [5] Joint Task Force on Computing Curricula, "Software Engineering 2004: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering", tech. report, IEEE CS and ACM, 2004; <http://sites.computer.org/cse>.
- [6] Joint Task Force for Computing Curricula 2005, "Computing Curricula 2005". the Overview Report; tech. report IEEE CS and ACM, 2005.
- [7] Lethbridge, Timothy C., Jr, Richard J. LeBlanc Sobel, Ann E. Kelley, Hilburn, Thomas B. and Diaz-Herrera, Jorge L., "SE2004: Recommendations for Undergraduate Software Engineering Curricula," *IEEE Softw.*, no. December, 2006.
- [8] Naur, P. and Randell, B. (editores). "Software Engineering: Report on a Conference Sponsored by the NATO Science Committee". (7 – 11 October 1968), Brussels, Scientific Affairs Division, NATO, 1969.
- [9] Zarazaga S. y Alfonso G. "La Ingeniería del Software en el currículo del Ingeniero en Informática". Artículo Científico. Recuperado en <http://dialnet.es>. Universidad de Alicante, 2010. Consultado en 30/04/2015.
- [10] Zúñiga F. V., "La gestión de la calidad en la formación profesional". Oficina Internacional del Trabajo.

The impact of feature selection on medical document classification

Bekir Parlak

Department of Computer Engineering
Eskişehir, Turkey
bekirparlak@anadolu.edu.tr

Alper Kursat Uysal

Department of Computer Engineering
Eskişehir, Turkey
akuyosal@anadolu.edu.tr

Abstract — Medical document classification is still one of the popular research problems inside text classification domain. Apart from some text data compiled from hospital records, most of the researchers in this field evaluate their classification methodologies on documents retrieved from MEDLINE database. OHSUMED is one of the widely used datasets containing MEDLINE documents as multi-labeled. In this study, the impact of feature selection on medical document classification is analyzed using two datasets containing MEDLINE documents. The performances of two different feature selection methods namely Gini Index and Distinguishing Feature Selector are analyzed using two pattern classifiers. These pattern classifiers are Bayesian network and C4.5 decision tree. As this study deals with single-label classification, a subset of documents inside OHSUMED and a self-constructed dataset is used for assessment of feature selection methods. Due to having low amount of documents for some categories in self-compiled dataset, only documents belonging to 10 different disease categories are used in the experiments for both datasets. Experimental results show that the combination of Distinguishing Feature Selector and Bayesian Network classifier gives more accurate results in most cases than the others.

Keywords – text classification; medical documents; disease classification; MeSH.

I. INTRODUCTION

With the development of Internet technology, a significant increase was seen in the number of electronic documents. With this increase, automatic text classification approach has gained quite importance. The main task of automatic text classification approach is to assign the electronic documents to the appropriate classes according to their content [1]. Text classification can be used to solve a variety of problems such as the filtering of spam e-mails [2], author identification [3], classification of web pages [4], and classification of medical text documents [5][6][7].

Classification of medical abstracts is one of the main concerns inside medical text classification research field. Researches related to medical abstracts are generally carried out on MEDLINE database [8]. MEDLINE is a bibliographic database containing over 21 million documents, about 5600 medical journals. This database consists of medical abstracts in English which are assigned to some categories namely medical subject headings (MeSH). This database can be queried on internet through a search platform called PubMed [9]. Documents in MEDLINE database is indexed with

corresponding relevant categories of MeSH terms by experts manually. In the literature, there exist some studies conducted on automatic classification of MEDLINE documents [6][7][10][11][12][13][14][15][16][17][18][19]. In these studies, datasets containing a certain amount of MEDLINE documents are used. The most used dataset for automatic classification of MEDLINE documents is called Ohsumed dataset. It contains medical abstracts in English for 23 types of diseases. Ohsumed, due to the structure of the MEDLINE database, is multi-label. So, it is necessary to apply multi-label classification approaches whenever a study on this dataset is performed using all documents.

In a previous study, the usage of words, medical phrases, and their combinations as features is investigated [6] for medical document classification. The results show that using combination of words and phrased as features gives slightly better classification performances than the others. In another study, multi-label classification performance based on associative classifier is examined on medical articles [10]. In another study, hidden Markov models are used for classification [14]. Besides, there exist a number of studies in the literature that ontology-based classification approaches are applied [12][16]. In a recent study, an approach using support vector machines and latent semantic indexing is applied to some datasets including the ones consisting of medical abstracts [18]. Moreover, the performances of classifiers on medical document classification is analyzed for two cases where stemming is applied and not applied [19]. Also, the impact of different text representations of biomedical texts on the performance of classification are analyzed [7].

Apart from studies that uses MEDLINE documents, there exist some medical text classification studies using data obtained from various clinics data [20][21][11][22][23][24][25]. Some of these studies concerns with medical text documents in different languages such as German [11].

In this study, the performances of two widely-known classifiers namely Bayesian networks and C4.5 decision trees are extensively analyzed using two feature selection methods on two different datasets consisting of MEDLINE documents. The first dataset is a subset of well-known OHSUMED dataset. The second one is a self-constructed dataset whose data is retrieved programmatically with querying Pubmed search platform. This dataset differs from the first one. It consists of MEDLINE documents originated from medical journals in

This work was supported by Anadolu University, Fund of Scientific Research Projects under grant number 1503F136.

Turkey. However, it has smaller amount of data than the first dataset.

Rest of the paper is organized as follows: feature extraction and selection approaches used in the study are briefly described in Section 2. Section 3 explains pattern classifiers used in this study. Section 4 presents the experimental study and results. Finally, some concluding remarks are given in Section 5.

II. FEATURE EXTRACTION AND SELECTION

A. Feature Extraction

As in most of the text classification studies, bag of words approach [1] [19] can be used for feature extraction process. In this approach, the order of terms within documents is ignored and their occurrence frequencies are used [26]. Therefore, each of the unique word in a text collection is considered as a different feature. Consequently, a document is represented by a multi-dimensional feature vector [1]. In a feature vector, each dimension corresponds to a value which is weighted by term frequency (TF), term frequency-inverse document frequency (TF-IDF), and etc. [27].

It should also be noted that it is necessary to apply some preprocessing steps during feature extraction from text documents. Widely used preprocessing steps are “stopword removal” and “stemming”. In this study, both of these two steps were applied. Porter stemming algorithm [28] was used for stemming and term frequency was used as weighting approach.

B. Feature Selection

Feature selection techniques generally fall into three categories: filters, wrappers, and embedded methods. Filter techniques are computationally fast; however, they usually do not take feature dependencies into consideration [1]. Filter-based methods are widely preferred especially for text classification domain. There is a mass amount of filter-based techniques for the selection of distinctive features in text classification. In this study, two different filter-based feature selection methods namely Gini Index (GI) and Distinguishing Feature Selector (DFS) were used. These methods are explained below in details.

1) *Gini Index (GI)*: GI is an improved version of the method originally used to find the best split of features in decision trees [29]. It is an accurate and fast method. Its formula is as below:

$$GI(t) = \sum_{i=1}^M P(t|C_i)^2 \cdot P(C_i|t)^2 \quad (1)$$

where $P(t|C_i)$ is the probability of term t given presence of class C_i , $P(C_i|t)$ is the probability of class C_i given presence of term t , respectively.

2) *Distinguishing Feature Selector (DFS)*: DFS is one of the recent successful feature selection methods for text classification [1] whose aim is to select distinctive features

while eliminating uninformative ones considering some pre-determined criteria. DFS can be expressed with the following formula:

$$DFS(t) = \sum_{i=1}^M \frac{P(C_i|t)}{P(\bar{t}|C_i) + P(t|\bar{C}_i) + 1} \quad (2)$$

where M is the total number of classes, $P(C_i|t)$ is the conditional probability of class C_i given presence of term t , $P(\bar{t}|C_i)$ is the conditional probability of absence of term t given class C_i , and $P(t|\bar{C}_i)$ is the conditional probability of term t given all the classes except C_i .

III. PATTERN CLASSIFIERS

In this study, two classifiers in Weka [30] package were used programmatically. These are Bayesian Networks and C4.5 decision tree classifiers. These algorithms are explained in details below.

A. Bayesian Networks (BN)

BN is one of the methods which are used to denote modeling and state transitions [31]. BN is often used for modeling discrete and continuous variables of multinomial data. These networks encrypt the relationships between variables in the modeled data. In BN, the nodes are interconnected by arrows to indicate the direction of engagement with each other.

B. C 4.5 Decision Tree (DT)

The main purpose of the decision tree algorithms is to split the feature space into unique regions corresponding to the classes [1]. An unknown feature vector is assigned to a class via a sequence of Yes/No decisions along a path of nodes of a decision tree. C4.5 is an algorithm used to generate a decision tree and it is known as one of the successful decision tree classification algorithms.

IV. EXPERIMENTAL WORK

In this section, an in-depth investigation was carried out to measure the performance of feature selection methods and classifiers. For this purpose, combinations of feature selection methods with BN and DT classifiers were analyzed in order to determine the best combination for both of the datasets. Also, the effect of dimension reduction can be inferred according to the experimental results. In the following subsections, the utilized datasets and success measures are briefly described. Then, the experimental results are presented.

A. Datasets

In this study, two different datasets containing MEDLINE documents were used. The first one is a subset of well-known Ohsumed dataset. It consists of medical abstracts collected in 1991 related to 23 cardiovascular disease categories. As this study deals with single-label text classification, the documents belonging to multiple categories are eliminated. Also, only 10 classes are used for classification in order to make the class distribution same with the second dataset. The second dataset

is a self-constructed dataset whose data is retrieved programmatically with querying Pubmed search platform. This dataset is constructed via retrieving XML results containing medical abstracts and parsing it appropriately. The documents having multiple categories are removed from this dataset because of concerning single-label classification of medical documents. This dataset differs from the first one depending on its origins. It consists of MEDLINE documents only originated from medical journals in Turkey rather than originating from different locations. However, it has same categories with smaller amount of data than the first one. In this dataset, 10 categories having enough number of documents were used for the evaluation. The detailed information regarding those datasets is provided in Table I and Table II. In the experiments, seventy percent of documents in each class was used training and the rest was used for testing.

TABLE I. OHSUMED DATASET

Class Number	Disease Category	Number of Documents
1	Bacterial Infections and Mycoses	631
2	Virus Diseases	249
3	Parasitic Diseases	183
4	Neoplasms	2513
5	Musculoskeletal Diseases	505
7	Stomatognathic Diseases	132
8	Respiratory Tract Diseases	634
10	Nervous System Diseases	1328
14	Cardiovascular diseases	2876
23	Pathological Conditions, Signs and Symptoms	1924

TABLE II. OHSUMED DATASET

Class Number	Disease Category	Number of Documents
1	Bacterial Infections and Mycoses	284
2	Virus Diseases	44
3	Parasitic Diseases	116
4	Neoplasms	32
5	Musculoskeletal Diseases	140
7	Stomatognathic Diseases	39
8	Respiratory Tract Diseases	90
10	Nervous System Diseases	83
14	Cardiovascular diseases	231
23	Pathological Conditions, Signs and Symptoms	73

B. Accuracy analysis

Varying numbers of the features, which are selected by each selection method, were fed into DT and BN classifiers. In the experiments, stopword removal and stemming were applied. Widely-known Porter stemmer was carried out as stemming algorithm. In this study, GI and DFS are used as feature selection methods. Dimension reduction was carried out by constructing feature sets consisting of 300, 500, 1000, and 2000 features. Also, F-score [32] was used as success measure. This score is presented as both class specific and weighted average. Resulting F-Scores are listed in Table III and Table IV. The best ones in the results are shown as bolded.

TABLE III. RESULTS ON OHSUMED DATASET

Number of Features	Options				
	DFS+DT	DFS+BN	GI+BN	GI+DT	Classes
300	0,57	0,65	0,63	0,46	C1
	0,62	0,56	0,50	0,55	C2
	0,69	0,77	0,76	0,62	C3
	0,83	0,85	0,83	0,81	C4
	0,50	0,58	0,50	0,42	C5
	0,35	0,59	0,58	0,17	C7
	0,59	0,62	0,61	0,52	C8
	0,65	0,67	0,65	0,57	C10
	0,86	0,86	0,84	0,84	C14
	0,45	0,47	0,44	0,38	C23
Weighted Average	0,69	0,71	0,68	0,64	
500	0,55	0,67	0,66	0,51	C1
	0,58	0,52	0,53	0,50	C2
	0,69	0,74	0,78	0,70	C3
	0,84	0,84	0,82	0,80	C4
	0,46	0,57	0,57	0,44	C5
	0,24	0,56	0,57	0,32	C7
	0,62	0,62	0,60	0,48	C8
	0,66	0,66	0,65	0,58	C10
	0,85	0,86	0,84	0,82	C14
	0,44	0,45	0,45	0,41	C23
Weighted Average	0,69	0,70	0,69	0,64	
1000	0,55	0,72	0,68	0,50	C1
	0,58	0,52	0,51	0,50	C2
	0,71	0,73	0,70	0,68	C3
	0,83	0,83	0,82	0,82	C4
	0,47	0,58	0,58	0,46	C5
	0,27	0,55	0,51	0,24	C7
	0,61	0,63	0,62	0,54	C8
	0,63	0,7	0,68	0,58	C10
	0,84	0,86	0,85	0,81	C14
	0,43	0,47	0,46	0,41	C23
Weighted Average	0,68	0,71	0,70	0,64	
2000	0,51	0,72	0,72	0,50	C1
	0,61	0,5	0,5	0,56	C2
	0,67	0,74	0,73	0,65	C3
	0,82	0,84	0,83	0,81	C4
	0,46	0,57	0,58	0,46	C5
	0,14	0,51	0,52	0,24	C7
	0,61	0,62	0,63	0,53	C8
	0,63	0,71	0,7	0,64	C10
	0,84	0,86	0,85	0,83	C14
	0,42	0,47	0,47	0,40	C23
Weighted Average	0,67	0,72	0,71	0,65	

TABLE IV. RESULTS ON SELF-CONSTRUCTED DATASET

Number of Features	Options				
	DFS+DT	DFS+BN	GI+BN	GI+DT	Classes
300	0.81	0.81	0,79	0,8	C1
	0.67	0,42	0,44	0,57	C2
	0.86	0,72	0,72	0,84	C3
	0.63	0,31	0,31	0,57	C4
	0,62	0,76	0.77	0,68	C5
	0,67	0.7	0.7	0,67	C7
	0.74	0,55	0,59	0,6	C8
	0,27	0,43	0.39	0,3	C10
	0,72	0.88	0,87	0.69	C14
	0,53	0,49	0,52	0.56	C23
	Weighted Average	0.70	0.70	0,69	0,68
500	0,8	0.81	0.81	0.81	C1
	0,59	0,31	0,31	0.62	C2
	0,84	0,77	0,77	0.88	C3
	0.63	0,31	0,31	0.63	C4
	0,67	0.77	0.77	0,71	C5
	0,67	0.75	0.75	0,67	C7
	0.63	0,58	0,57	0,56	C8
	0,37	0,45	0.46	0,36	C10
	0,67	0.89	0,88	0,7	C14
	0,57	0,53	0,53	0.59	C23
	Weighted Average	0,68	0.71	0.71	0,70
1000	0.82	0,81	0,81	0,8	C1
	0.58	0,31	0,31	0,54	C2
	0,83	0,77	0,77	0.85	C3
	0,5	0,31	0,31	0.57	C4
	0,73	0,77	0.77	0,71	C5
	0,67	0.75	0.75	0,6	C7
	0.67	0,58	0,58	0,65	C8
	0.51	0,45	0,45	0.51	C10
	0,7	0.89	0.89	0,73	C14
	0.59	0,53	0,53	0,56	C23
	Weighted Average	0.71	0.71	0.71	0.71
2000	0.82	0,81	0,81	0,8	C1
	0,54	0,31	0,31	0.56	C2
	0,87	0,77	0,77	0.93	C3
	0.67	0,43	0,31	0,63	C4
	0,69	0.78	0,77	0,74	C5
	0,63	0.78	0,75	0,67	C7
	0,58	0,57	0,58	0.59	C8
	0.58	0,46	0,45	0,46	C10
	0,73	0.89	0.89	0,68	C14
	0,39	0.53	0.53	0,5	C23
	Weighted Average	0,70	0.71	0.71	0,70

Considering the highest weighted average F-scores, in most cases, DFS is superior to GI. In a small part of experiments, DFS and GI give similar results on both of the two datasets. It should be noted that DFS seems more successful when the feature size is low. Besides, in spite of originated from different sources and having different class-based distributions, the maximum classification performances obtained on these two datasets are similar. BN classifier is more successful than DT classifier in most of the cases.

Considering class based F-scores, classification performances obtained on neoplasms (C4) and cardiovascular diseases (C14) categories are generally higher than the others for the first dataset. This may be due to having high amount of training instances for these two categories. For self-constructed

dataset, classification performances obtained on parasitic diseases (C3) and cardiovascular diseases (C14) categories are generally higher than the others. In this case, these are not the classes with maximum number of documents. This situation may be caused by having small amount of data for most of the categories. Also, for most of the class-based F-scores, combination of DFS and BN seems better than the other ones.

V. CONCLUSIONS

In this study, the performances of two widely-known classifiers are extensively analyzed using two different feature selection methods. This analysis is realized on two different datasets consisting of MEDLINE documents. In the experiments, stopword removal and stemming as preprocessing steps are applied. Experimental results show that the most successful setting is the combination of Bayesian Network classifier and Distinguishing Feature Selector. As a future work, a new dataset containing Turkish versions of the documents in the self-constructed dataset may be compiled and classification performances of these two datasets having same documents in different languages can be extensively analyzed.

VI. REFERENCES

- [1] Uysal, A. K., & Gunal, S. (2012). A novel probabilistic feature selection method for text classification. *Knowledge-Based Systems*, 36, 226-235.
- [2] Idris, I., Selamat, A., Nguyen, N. T., Omatu, S., Krejcar, O., Kuca, K., & Penhaker, M. (2015). A combined negative selection algorithm-particle swarm optimization for an email spam detection system. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 39, 33-44.
- [3] Zhang, C., Wu, X., Niu, Z., & Ding, W. (2014). Authorship identification from unstructured texts. *Knowledge-Based Systems*.
- [4] Özel, S. A. (2011). A Web page classification system based on a genetic algorithm using tagged-terms as features. *Expert Systems with Applications*, 38(4), 3407-3415.
- [5] Garla, V., Taylor, C., & Brandt, C. (2013). Semi-supervised clinical text classification with Laplacian SVMs: An application to cancer case management. *Journal of biomedical informatics*, 46(5), 869-875.
- [6] Yetisgen-Yildiz, M., & Pratt, W. (2005). The effect of feature representation on MEDLINE document classification. In *AMIA annual symposium proceedings* (Vol. 2005, p. 849). American Medical Informatics Association.
- [7] Yepes, A. J. J., Plaza, L., Carrillo-de-Albornoz, J., Mork, J. G., & Aronson, A. R. (2015). Feature engineering for MEDLINE citation categorization with MeSH. *BMC bioinformatics*, 16(1), 1.
- [8] MEDLINE [http://www.nlm.nih.gov/databases/databases_medline.html]. Accessed 2015.
- [9] Pubmed [<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>]. Accessed 2015.
- [10] Rak, R., Kurgan, L. A., & Reformat, M. (2007). Multilabel associative classification categorization of MEDLINE articles into MeSH keywords. *IEEE engineering in medicine and biology magazine*, 26(2), 47.
- [11] Spat, S., Cadonna, B., Rakovac, I., Gutl, C., Leitner, H., Stark, G., & Beck, P. (2007). Multi-label text classification of German language medical documents. In *Medinfo 2007: Proceedings of the 12th World Congress on Health (Medical) Informatics; Building Sustainable Health Systems* (p. 2343). IOS Press.
- [12] Camous, F., Blott, S., & Smeaton, A. F. (2007). Ontology-based MEDLINE document classification. In *Bioinformatics Research and Development* (pp. 439-452). Springer Berlin Heidelberg.
- [13] Poulter, G. L., Rubin, D. L., Altman, R. B., & Seoighe, C. (2008). MScanner: a classifier for retrieving Medline citations. *BMC bioinformatics*, 9(1), 108.

- [14] Yi, K., & Beheshti, J. (2008). A hidden Markov model-based text classification of medical documents. *Journal of Information Science*.
- [15] Frunza, O., Inkpen, D., Matwin, S., Klement, W., & O'blenis, P. (2011). Exploiting the systematic review protocol for classification of medical abstracts. *Artificial intelligence in medicine*, 51(1), 17-25.
- [16] Dollah, R. B., & Aono, M. (2011). Ontology based Approach for Classifying Biomedical Text Abstracts. *International Journal of Data Engineering (IJDE)*, 2(1), 1-15.
- [17] Albitar, S., Espinasse, B., & Fournier, S. (2014, March). Semantic Enrichments in Text Supervised Classification: Application to Medical Domain. In *The Twenty-Seventh International Flairs Conference*.
- [18] Uysal, A. K., & Gunal, S. (2014). Text classification using genetic algorithm oriented latent semantic features. *Expert Systems with Applications*, 41(13), 5938-5947.
- [19] Parlak, B., & Uysal, A. K. (2015, May). Classification of medical documents according to diseases. In *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2015 23th* (pp. 1635-1638). IEEE.
- [20] Pakhomov, S. V., Buntrock, J. D., & Chute, C. G. (2006). Automating the assignment of diagnosis codes to patient encounters using example-based and machine learning techniques. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 13(5), 516-525.
- [21] Van Der Zwaan, J., Sang, E. T. K., & de Rijke, M. (2007). An experiment in automatic classification of pathological reports. In *Artificial Intelligence in Medicine* (pp. 207-216). Springer Berlin Heidelberg.
- [22] Waraporn, P., Meesad, P., & Clayton, G. (2010). Ontology-supported processing of clinical text using medical knowledge integration for multi-label classification of diagnosis coding. *arXiv preprint arXiv:1004.1230*.
- [23] Boytcheva, S. (2011, September). Automatic Matching of ICD-10 codes to Diagnoses in Discharge Letters. In *Proceedings of the Workshop on Biomedical Natural Language Processing, Hissar, Bulgaria* (pp. 11-18).
- [24] CEYLAN, N. M., ALPKOÇAK, A., & ESATOĞLU, A. E (2012). Tibbi Kayıtlara ICD-10 Hastalık Kodlarının Atanmasına Yardımcı Akıllı Bir Sistem.
- [25] Arifoğlu, D., Deniz, O., Aleçakır, K., & Yöndem, M. (2014). CodeMagic: Semi-Automatic Assignment of ICD-10-AM Codes to Patient Records. In *Information Sciences and Systems 2014* (pp. 259-268). Springer International Publishing.
- [26] Uysal, A. K., Gunal, S., Ergin, S., & Gunal, E. S. (2012, April). Detection of SMS spam messages on mobile phones. In *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2012 20th* (pp. 1-4). IEEE.
- [27] C.D. Manning, P. Raghavan, H. Schütze. *Introduction to information retrieval* Cambridge University Press, New York, USA (2008)
- [28] M.F. Porter, "An Algorithm for Suffix Stripping," *Program*, vol. 14, p. 130-137, 1980.
- [29] W. Shang, H. Huang, H. Zhu, Y. Lin, Y. Qu, Z. Wang, A novel feature selection algorithm for text categorization, *Expert Systems with Applications* 33 (1) (2007) 1–5.
- [30] Mark Hall, Eibe Frank, Geoffrey Holmes, Bernhard Pfahringer, Peter Reutemann, Ian H. Witten (2009); *The WEKA Data Mining Software: An Update*; SIGKDD Explorations, Volume 11, Issue 1.
- [31] Ian H Witten and Eibe Frank, *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Jim Gray, Ed. San Fransisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.
- [32] Goutte C, Gaussier E (2005) A probabilistic interpretation of precision, recall and F-score, with implication for evaluation. In: *Proc. Europe Conf. Information Retrieval Research*, pp. 345–359

Hacia la evaluación de la implementación y uso de metodologías ágiles en las pymes: Un análisis de herramientas de evaluación de Metodologías ágiles

Toward assessing the implementation and use of agile methodologies in SMEs: An analysis of the actual agile methodologies assessment tools

Mirna Muñoz, Jezreel Mejia, Brisia Corona
Centro de Investigación en Matemáticas-Unidad Zacatecas
Av. Universidad No. 222 Fraccionamiento la Loma. Zacatecas, México
{mirna.munoz, jmejia, brisia.corona}@cimat.mx

Resumen — Hoy en día muchas micro empresas así como pequeñas y medianas empresas (pymes) prefieren el uso de metodologías ágiles. Sin embargo, la falta de conocimiento en cómo usar las metodologías ágiles da como resultado que éstas las adopten de manera empírica y por lo tanto, sin implementarlas de manera adecuada. El objetivo de este artículo es establecer el estado del arte referente al estado actual de herramientas enfocadas en medir si una organización adopta y usa las metodologías ágiles de manera adecuada. Para lograrlo se ha realizado un análisis de 41 herramientas encontradas como resultado de la ejecución de una revisión sistemática. El artículo presenta el análisis realizado y una discusión acerca de los principales hallazgos.

Palabras Clave – metodologías ágiles, herramientas de evaluación de entorno ágil, pymes.

Abstract — Nowadays, many small settings as well as small and medium enterprises (SMEs) prefer the use of agile methodologies. However, the lack of knowledge on how to use agile methodologies results in the empirical adoption of them and therefore without implementing them in a right way. The goal of this paper is to establish a state of art regarding the tools focused on assessing if an organization has adopted and used in a right way the agile methodologies. To achieve this goal 41 tools, which were obtained as a result of performing a systematic review, were analyzed. The paper includes both the analysis performed and a discussion of the main findings.

Keywords – agile methodologies, agile assessing tools, SMEs

I. INTRODUCCIÓN

En los años recientes el aumento de la importancia del software proporciona una oportunidad para las organizaciones de desarrollo de software en la producción de software para satisfacer una amplia demanda de necesidades de diversos

sectores industriales como tecnologías de Información, servicios, automatizado o de aviación, entre otros.

Esta situación hace que el desarrollo de software sea muy atractivo para las pymes de desarrollo de software. En Latinoamérica alrededor del 99% del negocio de la industria del software está formado por pymes [1, 2]. En este contexto, las pymes se encuentran en una continua necesidad de mejorar sus procesos de desarrollo para incrementar la calidad de sus productos y así poder mantenerse en el mercado y lograr un crecimiento constante.

Un camino lógico para lograr la mejora de sus procesos es la implementación de “buenas prácticas” contenidas en modelos y estándares internacionalmente aceptados como CMMI, ISO 15504, ISO 29110, entre otros. Sin embargo, las organizaciones enfrentan dificultades para implementarlas debido a que este tipo organizaciones carecen de recursos, capacidades, métodos y técnicas enfocadas en la aplicación de buenas prácticas para el desarrollo de software [3], [4].

Por lo que las organizaciones han preferido el uso de las metodologías ágiles en un esfuerzo por desarrollar software y ponerlo en el mercado tan pronto como es posible para satisfacer a sus clientes.

Desafortunadamente, la mayor parte de las implementaciones de las metodologías ágiles se basan en los beneficios que ocurren en otras organizaciones [5], [6] dando como resultado que exista un periodo crítico entre el primer y segundo año en el que las pymes interrumpen el uso de éstas metodologías [6], regresando a sus malas prácticas anteriores.

Esta situación se debe principalmente a la falta de conocimiento en la correcta implementación de una metodología ágil, reflejándose en productos de baja calidad y/o empresas frustradas por la falta de habilidad en el uso correcto

de una metodología ágil. El objetivo de este artículo es analizar un conjunto de herramientas utilizadas para evaluar si una organización adopta y usa las metodologías ágiles de manera adecuada, para identificar los elementos abordados por éstas, y por ende, si éstas brindan el apoyo requerido por las pymes para detectar sus fallos en la implementación y/o uso de metodología ágil.

Para lograrlo, se realiza un análisis de 41 herramientas desarrolladas para evaluar metodologías ágiles en las organizaciones, con el objetivo de identificar qué es lo que cubren las herramientas existentes. Este análisis sirve como entrada para el desarrollo de un método enfocado en evaluar la implementación y el uso de metodologías ágiles en las pymes.

El artículo se estructura como sigue: después de la sección de introducción, la sección II presenta los antecedentes de esta investigación; la sección III muestra el proceso establecido para llevar a cabo el análisis de las herramientas, así como los resultados del análisis y la sección IV las conclusiones y trabajos futuros.

II. ANTECEDENTES

De acuerdo a Highsmith in [7] “la agilidad es la habilidad tanto para crear como para responder a cambios con la finalidad de obtener ganancias en entornos turbulentos”. Por lo tanto, las metodologías ágiles definen cómo debe ser el desarrollo del software bajo valores y principios ágiles [8] y bajos los principios establecidos en el manifiesto ágil [7] para responder al desarrollo de software rápidamente y enfrentando a los problemas que se presentan a lo largo de las etapas del desarrollo de software.

Este trabajo de investigación surge tomando como base los siguientes supuestos: (a) pymes que adoptan metodologías ágiles tiene un periodo crítico entre el primer y segundo año para declinar su uso debido a la falta de conocimiento de cómo implementar o evolucionar el uso de una metodología ágil; (b) la mayoría de las veces la implementación de las metodologías ágiles en las empresas se basa en los beneficios que ocurren en otras organizaciones y no en seguir una guía de implementación y; (c) la falta de conocimiento de cómo implementar una práctica de una forma adecuada se refleja en la baja calidad de los productos.

Una vez establecidos los supuestos se realizó una revisión sistemática enfocada en establecer el estado del arte de los métodos, marcos de trabajo y metodologías usadas para evaluar la implementación y uso de las metodologías ágiles en las pymes.

Resultado de la ejecución de la revisión sistemática se analizaron 35 estudios primarios que han permitido dar respuesta a las preguntas planteadas. En la Tabla 1 se muestra un resumen de las preguntas de investigación y las respuestas a ellas de acuerdo a la información obtenida de los estudios primarios. La revisión sistemática completa se encuentra publicada en [9].

TABLE I. RESUMEN DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Pregunta	Resultados encontrados
¿Qué modelos, metodologías o estándares se utilizan en las pymes?	<p>Se encontraron 23 artículos que hacen referencia a los modelos y estándares usados por la pymes distribuidos de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 10 estudios mencionan el uso de metodologías ágiles en las pymes como son XP, Rapid, Scrum y Kanban • 6 estudios mencionan el uso de metodologías tradiciones y/o modelos (CMMI, CMM, SPICE) • 5 mencionan el uso de la familia de estándares ISO • 2 mencionan el uso de híbridos entre tradicional y ágil (CMMI,XP)
¿Cuál es el porcentaje de pymes de Latinoamérica que utilizan metodologías ágiles?	<p>No se encontró información sobre el porcentaje de pymes en Latinoamérica que utilizan metodologías ágiles, sin embargo, se encontró que en países como Brasil, Colombia y Chile las pymes tienden al uso de metodologías ágiles</p> <p>Se encontró que si existen marcos de trabajo y metodologías, pero además se encontraron encuestas, listas de revisión (checklist) y modelos de evaluación, como a continuación se describe:</p>
¿Existen marcos de trabajo, métodos, metodologías para realizar evaluaciones para las metodologías ágiles en las pymes?	<ul style="list-style-type: none"> • 6 artículos hacen referencia al uso de entrevistas • 1 artículo hace referencia a una lista de revisión • 2 artículos hacen referencia a una metodología • 5 artículos hacen referencia a marcos de trabajo • 3 artículos hacen referencia a modelos de evaluación • 1 artículo hacia referencia a 41 herramientas.

Una vez analizados los resultados de la revisión sistemática y siendo las herramientas el recurso más utilizado en la evaluación de metodologías ágiles, se tomó la decisión de realizar un análisis de las herramientas con la finalidad de identificar: ¿en qué se aspectos enfocan? y ¿qué tipo de resultados que proporcionan?. Es importante resaltar que se tomo como base la lista de herramientas mencionadas por Steve Palquist, et al. en [10] y posteriormente se buscó y recopiló información de cada herramienta.

III. ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS: PROCESO Y RESULTADOS

Para realizar el análisis de las herramientas se establecieron 3 pasos:

- A. Identificar y clasificar las herramientas de acuerdo a su tipo.
- B. Definir un conjunto de criterios a ser aplicados en el análisis de herramientas.
- C. Aplicar los criterios a las herramientas y analizarlos por tipo de herramienta.

Los resultados del análisis se muestran a continuación:

A. Identificar y clasificar las herramientas de acuerdo a su tipo

Se encontraron 5 tipos de herramientas como a continuación se describen:

- *Listas de verificación (checklist)*: herramientas enfocadas en evaluar las metodologías ágiles mediante una lista de cosas que se tienen que hacer.

Se encontraron 9 herramientas, de las cuales se analizaron 9: (A) The unofficial Scrum Checklist [11]; (B) Questions of Transitioning to Agile [12]; (C) Scrum Checklist framework [13]; (D) Corporate Agile 10-point checklist [14]; (E) Joe's Unofficial Scrum Checklist [15]; (F) How to Measure Team Agility [16]; (G) Open Assessments [17]; (H) An Organizational Transformation Checklist [18]; (I) The InfoQ Minibook Scrum Hard Facts: Roles, Artifacts, All meetings [19].

- *Entrevistas*: herramientas enfocadas en evaluar las metodologías ágiles mediante un conjunto de preguntas y un conjunto de respuestas cortas o la selección de una opción.

Se encontraron 7 herramientas de las cuales se analizaron 6: (A) 42 point test: How Agile are You [20]; (B) Team Barometer [21]; (C) Agile Maturity Self Assessment [22]; (D) Comparative Agility [23]; (E) Agile Enterprise [24]; (F) Enterprise Agility Maturity Matrix [25].

- *Cuestionarios*: herramientas enfocadas en evaluar las metodologías ágiles mediante un conjunto de preguntas y proporcionando espacios para recolectar respuestas abiertas.

Se encontraron 5 herramientas de las cuales se analizaron 2: (A) Questionnaire for Assessing your Client's Agility [26] y (B) Depth of Kanban [27].

- *Pruebas (Test)*: herramientas enfocadas en evaluar las metodologías ágiles mediante un conjunto de no más de 10 preguntas enfocadas en medir las habilidades, conocimiento, por lo que, las preguntas son contestadas con preguntas muy cortas o de selección múltiple.

Se encontraron 4 herramientas de las cuales se analizaron 2: (A) ScrumButt Test aka the Nokia Test [28] y (B) Borland Agile Assessment [29].

- *Kit de herramientas (Toolkits)*: herramientas enfocadas en evaluar las metodologías ágiles mediante un software designado a la evaluación de la agilidad usando Excel, Word o aplicaciones online que recolectan datos sobre las metodologías ágiles.

Se encontraron 14 herramientas de las cuales se analizaron 8: (A) Enterprise Agile Practice Assessment Tool [30]; (B) Readiness & Fit Analysis [31]; (C) Agile Journey Index [32]; (D) Agile Maturity Matrix in JIRA[33]; (F) IBM DevOps Practices Self Assessment [34]; (G) Ready for Agile Part 1 and Part 2 [35]; (H) Agile Health Radar [36] y (I) Agile Essentials (card game) [37].

Es importante resaltar que no se pudieron analizar el total de 41 herramientas por falta de disponibilidad y acceso a su información. Además para el tipo de herramientas enfocadas en proporcionar consultoría profesional no se ha tenido información.

B. Definir un conjunto de criterios a ser aplicados

En esta sección se listan los "criterios genéricos" definidos para analizar las herramientas con la finalidad de identificar qué elementos cubre cada herramienta.

Criterios genéricos:

- *Metodología soportadas*: se analiza las metodologías cubiertas por la herramienta.
- *Enfoque*: se identifica si la herramienta se enfoca en la implementación o en la adopción o en ambos aspectos.
- *Alcance*: se analiza si la herramienta está enfocada en generar discusión, evaluar, proporcionar una guía.
- *Soporte al usuario*: consiste en analizar si la herramienta proporciona instrucciones para su uso.
- *Principios ágiles*: se identifica si la herramienta aplica los principios ágiles.
- *Puntaje*: consiste en identificar si la herramienta define un conjunto de valores para realizar la evaluación.
- *Seguimiento y control*: se analiza si la herramienta brinda soporte a la organización en el seguimiento y control de la evolución de la organización en el uso de la metodología ágil.
- *Fortalecimiento*: consiste en identificar si la herramienta provee de una ruta para que la organización se fortalezca en el uso de la metodología ágil.

C. Aplicar los criterios a las herramientas y analizarlos por tipo de herramienta

En esta sección se muestran los resultados de la aplicación de los criterios genéricos por tipo de herramienta para identificar los elementos enfocados por las herramientas:

- *Listas de verificación (checklist)*:
 - (a) *Metodología soportada*: la mayoría de las herramientas (B,D,F,H,I) soportan otras metodologías

ágiles como Kanban, Dynamic Systems Development Method (DSDM) and Feature Driven Development (FDD);

(b) *Enfoque*: todas las herramientas se enfocan en la implementación de la metodología ágil;

(c) *Alcance*: la mayoría de las herramientas (D,G,H,I) se enfocan en proporcionar una guía para introducir a la empresa en un entorno ágil, sólo tres de ellas enfocan en la evaluación de la metodología;

(d) *Soporte de usuario*: la mayoría de las herramientas (A,B,C,E,F,G,H) proporcionan apoyo a los usuarios para el uso de la herramienta;

(e) *Principios ágiles*: la mayoría de las herramientas (A,B,C,E,F,G,H,I) dirigen los principios ágiles;

(f) *Puntaje*: ninguna herramienta proporciona una escala de valores para hacer su evaluación.

(g) *Seguimiento y control*: ninguna herramienta brinda soporte para el seguimiento y control de la evolución de la organización en el uso de la metodología ágil.

(h) *Fortalecimiento*: ninguna herramienta brinda una ruta para que la organización se fortalezca en el uso de la metodología ágil.

- *Entrevistas*:

(a) *Metodología soportada*: la mitad de las herramientas (B,C,E) soportan metodologías como Kanban, DSSM y FFD y la otra mitad soporta la metodología scrum y otras (A,D,F);

(b) *Enfoque*: la mayoría de las herramientas (D,E,F) se enfocan en la implementación de la metodología ágil;

(c) *Alcance*: la mayoría de las herramientas (A,C,D,E,F) se enfoca en evaluar la metodología ágil;

(d) *Soporte de usuario*: todas las herramientas proporcionan instrucciones de soporte para su uso;

(e) *Principios ágiles*: sólo tres herramientas (D,E,F) dirigen los principios ágiles;

(f) *Puntaje*: la mayoría de las herramientas (A,C,D,E) definen una escala de valores para realizar la evaluación.

(g) *Seguimiento y control*: ninguna herramienta brinda soporte para el seguimiento y control de la evolución de la organización en el uso de la metodología ágil.

(h) *Fortalecimiento*: ninguna herramienta brinda una ruta para que la organización se fortalezca en el uso de la metodología ágil.

- *Cuestionarios*:

(a) *Metodología soportada*: ambas herramientas soportan metodologías ágiles como Kanban, DSSM y FFD;

(b) *Enfoque*: una herramienta enfoca en la implementación (B) y la otra (A) en la adopción de la metodología ágil;

(c) *Alcance*: ambas herramientas se enfocan en evaluar la metodología ágil;

(d) *Soporte de usuario*: ambas herramientas proporcionan instrucciones de soporte para su uso;

(e) *Principios ágiles*: sólo una herramienta (A) dirige los principios ágiles;

(f) *Puntaje*: sólo una herramienta (A), define una escala de valores para realizar la evaluación.

(g) *Seguimiento y control*: ninguna herramienta brinda soporte para el seguimiento y control de la evolución de la organización en el uso de la metodología ágil.

(h) *Fortalecimiento*: ninguna herramienta brinda una ruta para que la organización se fortalezca en el uso de la metodología ágil.

- *Pruebas (Test)*:

(a) *Metodología soportada*: ambas herramientas soportan las metodologías scrum;

(b) *Enfoque*: ambas herramientas enfocan en la implementación;

(c) *Alcance*: una herramienta (A), se enfoca en proporcionar una guía para introducir a la empresa en un entorno ágil y la otra (B) se enfoca en evaluar la metodología ágil;

(d) *Soporte de usuario*: ambas herramientas proporcionan instrucciones de soporte para su uso;

(e) *Principios ágiles*: ambas herramientas dirigen los principios ágiles;

(f) *Puntaje*: ambas herramientas definen una escala de valores para realizar la evaluación.

(g) *Seguimiento y control*: ninguna herramienta brinda soporte para el seguimiento y control de la evolución de la organización en el uso de la metodología ágil.

(h) *Fortalecimiento*: ninguna herramienta brinda una ruta para que la organización se fortalezca en el uso de la metodología ágil.

- *Kit de herramientas (Toolkits)*:

(a) *Metodología soportada*: la mayoría de las herramientas (A,B,C,E,F,G,H) soportan metodologías ágiles como Kanban, DSSM y FDD;

(b) *Enfoque*: la mayoría de las herramientas (C,D,E,F,G) enfocan tanto en la implementación como en la adopción de la metodología ágil;

(c) *Alcance*: la mayoría de las herramientas (B,C,G,H) se enfocan en la evaluación de la metodología. La

herramienta (F) no entra dentro de las categoría de implementación ni de evaluación;

(d) *Soporte de usuario*: todas las herramientas proporcionan apoyo a los usuarios para el uso de la herramienta;

(e) *Principios ágiles*: todas las herramientas dirigen los principios ágiles;

(f) *Puntaje*: la mitad de las herramientas (C,D,F,G) definen una escala de valores para realizar la evaluación.

(g) *Seguimiento y control*: ninguna herramienta brinda soporte para el seguimiento y control de la evolución de la organización en el uso de la metodología ágil.

(h) *Fortalecimiento*: ninguna herramienta brinda una ruta para que la organización se fortalezca en el uso de la metodología ágil.

Después de analizar los resultados de las diferentes herramientas se establecen los siguientes hallazgos:

- La mayoría de las herramientas se desarrollan para soportar la evaluación de la metodología scrum.
- La mayoría de las herramientas se centra en la evaluación de los individuos y no en cómo se está llevando las actividades marcadas por la metodología.
- Las mayoría de las herramientas presenta una guía introductoria a los entorno ágiles, y no una evaluación de cómo se está llevando a cabo la metodología.
- No todas las herramientas usan una escala de valores para establecer la evaluación del uso o implementación de las metodologías ágiles.
- Ninguna herramienta soporta el seguimiento y control de la evolución de la organización en el uso de una metodología ágil.
- Ninguna metodología identifica fortalezas y debilidades en el seguimiento de una metodología ágil, y por lo tanto, no propone ruta para fortalecer el uso de la misma.

IV. CONCLUSIONES

Hoy en día debido a la creciente importancia del software en diversos dominios, existe un gran interés por las pymes desarrolladoras de software por la adopción de metodologías ágiles, con la finalidad de desarrollar software tan pronto como sea posible. Sin embargo, la mayoría de las veces, se continúa con los problemas en el desarrollo de software aún con el uso de metodologías ágiles, reflejado en la baja calidad de los productos.

Esto se debe a la falta de conocimiento en la correcta implementación de las metodologías, debido a que hasta el momento, la madurez de una empresa en el uso de una metodología ágil se mide únicamente por los años que lleva la empresa usando la metodología, el nivel de los individuos que la usan y, el tamaño de los proyectos en los cuales es aplicada.

Aún cuando existen un conjunto de herramientas que pretenden evaluar el uso o implementación de una metodología ágil, éstas no ofrecen un soporte completo para evaluar tanto la evaluación como la evolución de la empresa en el uso de la metodología ágil, por lo tanto, no puede ser garantizado el éxito en la implementación de una metodología ágil.

Con los hallazgos antes mencionados se tiene identificado que una herramienta completa para la evaluación del uso e implementación de una metodología ágil debe cubrir la evaluación de dos tipos de habilidades:

- *Habilidades formales*: aquellas que involucran el uso de prácticas, herramientas, actividades y técnicas sugeridas
- *Habilidades de comportamiento*: aquellas que involucran la forma en que se llevan a cabo las diferentes actividades en las que interactúan las personas a través de artefactos marcados por las metodologías ágiles como son las diferentes reuniones

Como trabajo futuro, se está desarrollando un método para evaluar la adopción y uso de una metodología ágil, con la finalidad de proporcionar soporte relacionado a la evolución y madurez en el uso de metodologías ágiles en las pymes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Gasca-Hurtado, G., Giraldo, Calvo Manzano, J.A. and Arias, J. A. Statistical analysis of the implementation for best practices in software development organizations. Information Systems and Technologies (CISTI), 2013 8th Iberian Conference on, 1–8. (2013).
- [2] Gerzon E. Gómez; Antonio A. Aguilera; Grisel B. Ancona; Omar S. Gómez. Advances in Software Process Improvements in software development SMEs: A systematic Review. Latin American Journal of Software Engineering. 1, 7. (2014). Avances en las Mejoras de Procesos Software en las MiPyMEs Desarrolladoras de Software: Una Revisión Sistemática. Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software; ScholarGoogle, 1, 7. (2014).
- [3] Mahmood Niazi, W. D. A maturity model for the implementation of software process improvement: an empirical study. *Journal of Systems and Software*, Volume 74, Issue 2, Pages 155–172. (2005).
- [4] Duron Brenda, Muñoz M. Mejía J. Estado actual de la implementación de mejoras de procesos en las organizaciones software. *8ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, (págs. 856-862). Lisboa, Portugal. (2013).
- [5] VersionOne © 2015. 8th. Annual State of Agile Survey. VersionOne, 8, 17. (2014)
- [6] VersionOne © 2015. 9th Annual State of agile Survey. VersionOne, 9, 16. (2015).
- [7] Chetankumar P. and Ramachandran M., Agile Maturity Model (AMM): A Software Process Improvement framework for Agile Software Development Practices. *International Journal of Software Engineering*. (2009).
- [8] Kent Beck Mike Beedle Arie van Bennekum Alistair Cockburn Ward Cunningham Martin Fowler James Grenning Jim Highsmith Andrew Hunt Ron Jeffries Jon Kern Brian Marick Robert C. Martin Steve Mellor Ken Schwaber Jeff Sutherland Dave Thomas. *Manifiesto for agile software development*. Available at: www.agilemanifesto.org/. (2001).
- [9] Corona B., Miramontes J. Muñoz M., Establishing the state of art of frameworks, methods and methodologies to assess the implementation and use of agile methodologies in SMEs: A systematic review. In *Software Engineering tendencies*. [Eds. Mejía J., Muñoz M., Carrillo Y., Mitre H., and Mora J.A.],

- International Conference of Software Process Improvement 2015. (2015)
- [10] M. Steven Palmquist; Mary Ann Lapham; Suzanne Miller; Timothy Chick; Ipek Ozkaya. (Octubre 2013). Parallel Worlds: Agile and Waterfall Differences and Similarities. SEIR, 1, 101. 30/06/2015.
- [11] Kniberg, H. The Unofficial Scrum Checklist. Retrieved from <https://www.crisp.se/file-uploads/scrum-checklist.pdf>. (2010).
- [12] Rothman, J. Questions for Transitioning to Agile. Retrieved from <http://www.jrothman.com/mpd/agile/2013/04/self-assessment-tool-for-transitioning-to-agile/> (2013).
- [13] Gloger, B. Scrum Checklist. Retrieved from <http://www.infoq.com/minibooks/scrum-checklists> (2013).
- [14] Yatzeck, E. Corporate Agile 10-point checklist. Retrieved from <http://pagilista.blogspot.mx/2012/12/a-corporate-agile-10-point-checklist.html> (2012).
- [15] Little, J. Joe's Unofficial Scrum Checklist. Retrieved from [http://agileconsortium.pbworks.com/w/page/44303272/Joe%27s Unofficial Scrum Checklist](http://agileconsortium.pbworks.com/w/page/44303272/Joe%27s%20Unofficial%20Scrum%20Checklist). (2016).
- [16] Lagessee, L. How to Measure Team Agility. Retrieved from <http://illustratedagile.com/2012/09/25/how-to-measure-team-agility/> (2012).
- [17] Scrum.org. Open Assessments. Retrieved from <https://www.scrum.org/Assessments/Open-Assessments> (2015).
- [18] Sahota, M. An Organizational Transformation Checklist. Retrieved from http://www.agilealliance.org/files/4413/7763/8848/An_Organizational_Transformation_Checklist.pdf (2012).
- [19] InfoQ, S. michael. The InfoQ minibook An Agile Adoption and Transformation Survival Guide. Retrieved from <http://www.infoq.com/minibooks/agile-adoption-transformation>. (2012).
- [20] Waters, K. 42point test: How Agile are You. Retrieved from <http://www.allaboutagile.com/how-agile-are-you-take-this-42-point-test/> (2008).
- [21] Janlén, J. Team Barometer. Retrieved from <http://blog.crisp.se/2014/01/30/jimmyjanlen/team-barometer-self-evaluation-tool> (2014).
- [22] Iver, R. Mac. Agile Maturity SelfAssessment. Retrieved from [http://www.robbiemaciver.com/documents/presentations/A2010 -Agile Maturity Self-Assessment.pdf](http://www.robbiemaciver.com/documents/presentations/A2010-Agile%20Maturity%20Self-Assessment.pdf) (2010).
- [23] Rubin, M. C. and K. Comparative Agility. Retrieved from <https://comparativeagility.com/> (n.d)
- [24] Storm-Consulting. Agile Enterprise Survey. Retrieved from <http://www.storm-consulting.com/agile-enterprise-survey/> (n.d.).
- [25] DrAgile. Enterprise Agile Practice Assessment Tool. Retrieved from <http://www.dragile.com/> (2015).
- [26] BUSINESS, T. D. Assessing your Client's Agility - An Agility Questionnaire. Retrieved from <http://www.thedigitalbusinessanalyst.co.uk/2014/07/Agile-Questionnaire.html>. (2015).
- [27] Development, L. A. S. Depth of Kanban - A Good Coaching Tool. Retrieved from <http://leanagileprojects.blogspot.mx/2013/03/depth-of-kanban-good-coaching-tool.html>. (2015).
- [28] Scruminc. ScrumButt Test aka the Nokia Test. Retrieved from <https://www.scruminc.com/scrum-blog/> (2015).
- [29] Trenches, F. the A. T. Assessment, Borland Agile. Retrieved from http://borland.typepad.com/agile_transformation/2009/03/borland-agile-assessment-2009.html (2015).
- [30] MILLER, S. Is Your Organization Ready for Agile? - Part 1. Retrieved from https://insights.sei.cmu.edu/sei_blog/2012/10/readiness-fit-analysis.html (2012)
- [31] LLC, A. D. ASSESS – AGILE JOURNEY INDEX. Retrieved from <http://www.agiledimensions.com/blog/agile-journey-index/> (2012)

Propuesta de Marco de Trabajo para la Protección de un CSIRT

Proposed Framework for the CSIRT Protection

Jezreel Mejía, Mirna Muñoz, Helton Ramírez
Centro de Investigación en Matemáticas, CIMAT A.C.
Av. Universidad No. 222, Fracc. La Loma,
C.P. 98068, Zacatecas, Zacatecas, México
{jmejia, mirna.munoz, helton.ramirez}@cimat.mx

Resumen — Actualmente los recursos informáticos se están enfrentando a grandes retos de seguridad llevados a cabo por piratas informáticos o criminales informáticos, los cuales van en aumento en número y mejorando sus métodos de ataque a los sistemas informáticos. Es por estas razones que se han creado los llamados Equipos de Respuesta a Incidentes Informáticos (CSIRT, por sus siglas en inglés) con el objetivo de responder a diversos ataques, accidentes o fallos de seguridad en los recursos informáticos de las organizaciones. Sin embargo, los CSIRT también se encuentran vulnerables a ataques informáticos como cualquier otra organización y se hace necesario establecer medidas de seguridad propias para su operatividad. Este artículo presenta una propuesta de marco de trabajo para la protección de la información de un CSIRT. Este marco se basa en controles de seguridad para hardware y software que den soporte al análisis de riesgos permitiendo tener una visión global de los activos principales de un CSIRT.

Palabras Clave – *Revisión sistemática, controles de seguridad, CSIRT.*

Abstract — Currently informatics resources are facing major security challenges carried out by hackers or computer criminals, which are increasing in number and improving their methods of attacking computer systems. For this reason, Equipment Computer Incident Response Teams (CSIRT) has been created to respond to several attacks in accidents or security breaches in the information resources of organizations. However, the CSIRTs also are vulnerable to cyber attacks as any other organization and we need to establish security measures for their operations. This paper presents a proposed framework for the CSIRT information protection. This framework is based on security controls to hardware and software that support risk analysis in order to have an overview of the main assets of CSIRT.

Keywords – *Systematic Review, Security Controls, CSIRT.*

I. INTRODUCCIÓN

Hace muy pocos años los problemas de la seguridad informática parecían estar en manos de unos pocos individuos que rara vez se llegarían a conocer o ser víctima de algún ataque informático. La falsa percepción de seguridad en los sistemas informáticos que son parte de nuestra vida diaria ha sido puesta en jaque.

Por lo que, los sistemas informáticos que aseguran la continuidad de nuestra sociedad han tenido que ponerse a trabajar en seguridad para garantizar la confiabilidad de su funcionamiento [1]. Si bien, para una persona en particular, es importante la seguridad de su información, para una empresa u organización será de más relevancia, debido a que en ella se maneja información crítica y centralizada, un verdadero botín para las personas malintencionadas. No olvidemos que hoy en día todo nuestro entorno está conectado, que todo nuestro mundo está siendo virtualizado y que la seguridad de los sistemas se ha convertido no tan sólo en una necesidad, sino en una prioridad para todo los que hacemos uso de éstos.

Es por ello, que el activo más importante para toda empresa es su información. De acuerdo a la firma de antivirus ESET arrojó que las compañías latinoamericanas pierden 93,000 millones de dólares al año por ataques virtuales [2]. El robo o fuga de información a través del correo electrónico es el rubro más vulnerable para las empresas, con 19.2%, de acuerdo con un estudio de la consultora Deloitte México [3]. En segundo lugar está el robo de información vía dispositivos de memoria portátil y/o móviles, con 13.6%, seguido del robo o pérdida de laptops, tabletas y celulares con 12.8%. Debido a esta necesidad se creó el concepto de un equipo de respuesta ante emergencias informáticas (CSIRT, del inglés Computer Security Incident Response Team), con la finalidad de atender incidencias de seguridad relacionadas con la información [4]. Lamentablemente, este tipo de organizaciones no son la excepción a ataques informáticos debido a los riesgos, amenazas y posibles ataques sobre la información sensible y delicada que maneja un CSIRT. Por lo tanto, es muy importante la seguridad de la información y la aplicación de controles de seguridad a ésta.

Este artículo presenta una propuesta de marco de trabajo para la protección de la información de un CSIRT enfocado a la protección de la infraestructura crítica en hardware y software de un CSIRT la cual permitirá evaluar el estado de seguridad y detectar los posibles riesgos permitiendo tener una visión global de los activos principales en un CSIRT.

El artículo se estructura como sigue: la sección II presenta los resultados de la revisión sistemática para establecer los aspectos importantes que debe contener el marco de trabajo; la

sección III muestra los pasos para establecer el marco de trabajo, la sección IV muestra el marco de trabajo propuesto y su propuesta de implementación, la sección V muestra un caso de estudio y finalmente, la sección VI las conclusiones y trabajos futuros.

II. REVISIÓN SISTEMÁTICA

La revisión sistemática es un método de investigación desarrollado para obtener, analizar, y evaluar toda la investigación dada una pregunta de investigación o un tema en particular [5]. Los principales beneficios de llevar una revisión sistemática es incrementar la posibilidad de detectar un mayor número de resultados reales dentro del área de interés que los obtenidos mediante una revisión menos formal. El método consta de tres actividades principales: a) planificación, b) revisión y c) publicación. Durante la actividad de planificación se identifican las necesidades de la revisión y se desarrolla el protocolo de revisión. En la actividad de revisión se seleccionan y evalúan los estudios primarios más importantes para esa área de investigación. El último paso consiste en la publicación de los resultados obtenidos en la revisión.

Fase de planificación: de acuerdo al tema de investigación, se formularon las siguientes preguntas de investigación.

•¿Cuáles son los activos esenciales para la conformación de un CSIRT?

•¿Cuáles son las mejores prácticas y tecnologías existentes orientados a proteger la información y servicios de un CSIRT?

•¿Cuáles son los modelos y estándares enfocados a seguridad informática para conformar el marco de trabajo?

•¿Cuáles son las metodologías de análisis de riesgos para el desarrollo de una herramienta?

•¿Cuáles son las herramientas de análisis de riesgos?

Una vez establecidas las preguntas se lanza la búsqueda a 3 bases de datos formales: IEEE Xplore Doigityal Libray, ACM Digital Library y SpringerLink.

Fase de desarrollo: durante esta fase se evalúan los resultados obtenidos y se realiza la revisión de los estudios seleccionados. La Tabla I muestra los resultados obtenidos a través de la construcción de cadenas de búsqueda en cada base de datos:

TABLE I. RESUMEN DE LA REVISIÓN SISTEMÁTICA

Cadena de búsqueda	IEEE	Springer Link	ACM
“Security” AND (“CSIRT” OR “CERT”)	16	63	11,715
“Infrastructure” AND (“CSIRT” OR “CERT”)	5	44	4,776
(“Standard” OR “Model”) AND “Security Information”	12,042	169,217	71,448
“Risk analysis “AND “Security Information”	1,231	75,294	72,711
Totales por fuente	13294	244725	160650

Obtenidos los resultados generales se seleccionan los artículos primarios de acuerdo a los siguientes criterios de inclusión y exclusión que se muestran en la Tabla II:

TABLE II. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Criterios de inclusión y exclusión de la revisión sistemática	
Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Estudios con idioma en inglés o español.	Estudios repetidos en las fuentes seleccionadas.
Estudios que contengan activos lógicos y físicos de un CSIRT.	Estudios que no tengan relación directa con un CSIRT (Equipo de Respuesta a Incidentes de Seguridad Informática).
Estudios que contengan controles de seguridad para los activos de un CSIRT.	Estudios que no tengan relación directa con ciencias de la computación.
Estudios que contengan modelos o estándares para seguridad informática.	Estudios antiguos u obsoletos.
Estudios que contengan metodologías de análisis de riesgos.	

Una vez realizado el procedimiento de obtener estudios primarios mediante el filtro de criterios de exclusión e inclusión, se obtuvieron 32 estudios primarios los cuales contemplan información relevante en cuestiones de activos de un CSIRT, seguridad para un CSIRT, modelos y estándares de seguridad informática y metodologías de análisis de riesgos.

Fase de publicación: En esta fase se analizan los resultados obtenidos dentro de las distintas fuentes formales analizadas y así enlistar la información encontrada que sirva como base para el establecimiento de los elementos que deben ser considerados en el marco de trabajo que se propone. De acuerdo a la información analizada de los estudios primarios, se identificó la siguiente información:

- Estándares y modelos de seguridad informática: se indican los modelos y estándares analizados que funcionan como base del marco de trabajo creado.
- Estructura de políticas de un CSIRT: se indican los elementos que se recomienda que forme una política de seguridad para un CSIRT.
- Recursos tecnológicos de un CSIRT: se indican los recursos más usados dentro del ámbito de un CSIRT en todo el mundo.
- Seguridad de los recursos tecnológicos de un CSIRT: se indican algunos aspectos de seguridad para los recursos tecnológicos de un CSIRT.
- Seguridad perimetral básica para un CSIRT: se indican aspectos generales de seguridad perimetral para proteger a la CSIRT de ataques internos o externos.
- Metodologías de gestión y análisis de riesgos: se indican algunas metodologías de gestión de riesgos.
- Automatización de la gestión de la seguridad informática: se indican algunas investigaciones sobre la premisa de la automatización de la seguridad informática mediante herramientas de gestión de la seguridad informática.
- Recomendaciones para el establecimiento de un CSIRT: se indican algunas recomendaciones a la hora del establecimiento de un CSIRT.

III. PASOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL MARCO DE TRABAJO

Como resultado de la obtención de la información obtenida a través de la revisión sistemática se establecen los pasos que debe contener el marco de trabajo. A continuación se describen los pasos obtenidos:

1. Establecer un Modelo de trabajo.
2. Determinar los recursos tecnológicos base necesarios para operar en un CSIRT. Cualquier herramienta, software o hardware útil para el día a día de un CSIRT.
3. Determinar aspectos de seguridad para los recursos tecnológicos base necesarios para operar en un CSIRT.
4. Establecer los macro controles y controles de seguridad.
5. Analizar los controles de seguridad de la información basados en ISO/IEC 27002. Utilizados para garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información.
6. Definir las políticas de seguridad recomendables para un CSIRT.
7. Analizar las metodologías para el análisis de riesgos.

IV. MARCO DE TRABAJO PROPUESTO

El marco de trabajo está basado en los 7 puntos descritos en la sección anterior y tomando la estructura de los controles de seguridad del estándar ISO 27002 [6].

Modelo Organizacional: El Centro Criptológico Nacional, ENISA y Proyecto AMPARO en los trabajos [7-9] muestran las diferentes estructuras organizacionales de CSIRT. Con el fin de que este marco de trabajo sea puesto en marcha se propone el modelo de empresa independiente, el cual contempla una dirección y 5 sub-departamentos los cuales se pueden mostrar en la Figura 1.



Figure 1. Modelo Organizacional

Recursos Tecnológicos base: dentro de los recursos tecnológicos se encuentran los siguientes:

TABLE III. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Activo	Objetivo del activo
Servidores de virtualización	Instancia máquinas virtuales para simulaciones, sandbox, análisis de código malicioso, etc.
Servidor Web	Aloja un sitio web público del CSIRT con el fin de divulgar información de alertas y advertencias, publicaciones, información del CSIRT, divulgación de clave pública PGP, etc.

Activo	Objetivo del activo
Correo electrónico	Recibe y envía mensajes a otros CSIRT o a público objetivo de manera segura.
Telefonía VoIP	Envía y recibe llamadas de reportes de incidencias.
Servidor RTIR	Sistema que administra las incidencias recibidas.
Servidor FAX	Envía y recibe faxes en combinación con el correo electrónico.
Respaldo de datos	Funciona como método de acción de resiliencia en el caso que se pretenda restaurar información borrada intencional o accidentalmente.
Herramienta SIEM	Recaba, analiza y centraliza las bitácoras de seguridad generadas por los dispositivos que se hayan en la red.
Firewall	Medida de seguridad perimetral la cual funciona bloqueando puertos.
IDS/IPS	Detecta o inclusive actúa contra firmas conocidas como peligrosas dentro de los paquetes enviadas o recibidos.
Proxy	Inspecciona y procesa información recibida y enviada hacia redes externas del CSIRT.
Routers	Une 2 redes (Internet y LAN) además que reduce el dominio de broadcast.
Otros dispositivos	Dispositivos que realizan tareas de comunicación o gestión como Switches, estaciones de trabajos, laptops, impresoras, dispositivos móviles, etc.

Aspectos de Seguridad: los aspectos de seguridad para los recursos tecnológicos identificados son:

TABLE IV. ASPECTOS DE SEGURIDAD

Aspectos de seguridad	
1. Regulación de condiciones ambientales	2. Hardening (del inglés fortalecimiento) o buenas prácticas de configuración de los sistemas de telecomunicación e informáticos.
3. Inspección y eliminación de código malicioso	4. Alta disponibilidad en energía eléctrica.
5. Borrado seguro de datos	6. Medios de transmisión seguros de información.
7. Herramientas de análisis de red	8. Segmentación de la red interna.
9. Aislamiento de procesos	10. Gestión de eventos e información de seguridad.
11. Clasificación de información	12. Control de acceso.
13. Gestión de contraseñas	14. Encriptación de datos en medios de almacenamiento.
15. Encriptación de comunicaciones y correo electrónico	16. Recibir noticias de forma periódica en temas con relación a seguridad informática.
17. Redundancia de comunicaciones	18. Cableado estructurado adecuado.
19. Respaldos de datos	20. Acceso a la información.
21. Bloqueo de sitios web y	22. Parches informáticos.

Aspectos de seguridad
contenido descargable de dudosa procedencia

Macro controles: Se enlistan los controles de seguridad de información provenientes del estándar ISO 27002 los cuales aplican para funcionar como base dentro de este marco de trabajo.

ISO/IEC 27002 se deriva del ISO 17799:2005 desde el 2007 [6]. Proporciona una guía de buenas prácticas que describe los objetivos de control y controles recomendables en cuanto a seguridad de la información. Proporciona un alto contenido de lo que un sistema de gestión de la seguridad de la información puede hacer para proteger la información de una organización. Es una guía de buenas prácticas que describe los objetivos de control recomendables en cuanto a seguridad de información. La edición 2005 contiene 133 controles enfocados a 39 objetivos dispersados en 11 dominios.

Cabe mencionar que las áreas fueron seleccionadas de acuerdo a su relación con los recursos tecnológicos que alberga un CSIRT, es decir, cuestiones de recursos humanos entre otras quedan descartadas por su naturaleza no tecnológica.

TABLE V. MACRO CONTROLES

Macro controles	Controles específicos
Política de seguridad	Política de seguridad de la información.
Gestión de activos	Responsabilidad sobre los activos. Clasificación de la información.
Seguridad física y del entorno	Áreas seguras. Seguridad de los equipos.
Gestión de comunicaciones y operaciones	Planificación y aceptación del sistema. Protección contra el código malicioso y descargable. Copias de seguridad. Gestión de la seguridad de las redes. Intercambio de información.
Control de acceso	Control de acceso de la red. Control de acceso al sistema operativo. Control de acceso a las aplicaciones y a la información. Computadoras portátiles y teletrabajo.
Adquisición, desarrollo y mantenimiento de los sistemas de información.	Requisitos de seguridad de los sistemas de información. Tratamiento correcto de las aplicaciones. Controles criptográficos. Seguridad de los archivos del sistema. Gestión de la vulnerabilidad técnica.

Políticas de seguridad: A continuación se enlistan las políticas de la seguridad de la información que son incluyentes tras una inspección del estándar ISO/IEC 27002 [6] y del modelo CERT-RMM [10]:

TABLE VI. POLITICAS DE SEGURIDAD

Políticas de seguridad	Descripción de la política
Política de clasificación de información	Definición de los criterios de clasificación y acceso a la información.

Políticas de seguridad	Descripción de la política
Política externa para el acceso de la información	Clasificación de criterios de acceso de entes externas de la organización.
Política de aislamiento de la información	Clasificación de información que se puede recopilar, su naturaleza y criterios de uso de la misma.
Política de seguridad del internet	Lineamientos de seguridad de acceso al internet y su relación con la organización.
Política de notación de incidentes	Criterios permitidos y adecuados para el tratamiento de una notificación sobre un incidente.
Política de tratamiento de incidentes	Forma o los medios que se utilizan para el manejo de un incidente.
Política de entrenamiento y capacitación	Criterios de la organización en el manejo de los proceso de entrenamiento y capacitación del personal.
Política de selección de personal	Criterios de la organización para la implementación del proceso de reclutamiento.
Política de despido	Criterios que aplica la organización cuando se da por finalizado un contrato laboral de un empleado.
Política de la seguridad de la computadora personal	Criterios de aplicación de la seguridad informática sobre las computadoras personales.
Política de uso de correo electrónico	Lineamientos de la utilización del correo electrónico.
Política de la seguridad de la red de computadoras	Lineamientos de seguridad de todos los activos informáticos dentro de la red de computadoras.
Política de telecomunicación de la información	Lineamientos para el establecimiento de la comunicación por medio de equipos de telecomunicaciones.
Política de uso de dispositivos móviles	Criterios de utilización de todos los dispositivos móviles que posee la organización.
Política de la seguridad de los equipos de telecomunicaciones	Normas para la aplicación de niveles de seguridad adecuados a los distintos dispositivos de telecomunicación internos y externos.

Análisis de riesgos: Para establecer el análisis de riesgo dentro del marco de trabajo se analizaron las metodologías OCTAVE [11], EBIOS [12] y MAGERIT [13]. La metodología seleccionada fue MAGERIT tomando en consideración la fase de Análisis de Riesgos.

Dentro del proceso de análisis de riesgos que maneja la metodología MAGERIT, se registran los siguientes aspectos [13].

- **Activos:** son los elementos del sistema de información (o estrechamente relacionados con este) que soportan la misión de la Organización.
- **Amenazas:** son cosas que pueden pasar a los activos causando un perjuicio a la Organización.
- **Salvaguardas** (usados en este trabajo como controles): son medidas de protección desplegadas para que aquellas amenazas no causen [tanto] daño.

- Valoración de activos: la valoración se puede ver desde la perspectiva de la ‘necesidad de proteger’ pues cuanto más valioso es un activo, mayor nivel de protección requeriremos en la dimensión (o dimensiones) de seguridad que sean pertinentes.
- Dimensiones de valoraciones: a un activo es posible valorarlo en las dimensiones de confidencialidad, integridad, disponibilidad, autenticidad y trazabilidad.
- Tipos de activos: es una información documental de interés como un criterio de identificación de la amenazas potenciales y controles apropiados a la naturaleza del activo. Para este trabajo, únicamente se evaluaron activos de tipo Redes de comunicaciones, aplicaciones (software), equipamiento informático (hardware), equipo auxiliar y soportes de información.
- Valoración de las amenazas: cuando un activo es víctima de una amenaza, no se ve afectado en todas sus dimensiones ni en la misma cuantía, los cuales son degradación y probabilidad.
- Degradación: cuán perjudicado resultaría el valor del activo.
- Probabilidad: cuán probable o improbable es que se materialice la amenaza.
- Modelo de valor: caracterización del valor que representan los activos para la organización así como de las dependencias entre los diferentes activos.
- Mapa de riesgos: relación de las amenazas a que están expuestos los activos.
- Declaración de aplicabilidad: para un grupo de salvaguardas, se indican si son de aplicación en el sistema de información bajo estudio o si, por el contrario, carecen de sentido.
- Evaluación de controles: evaluación de la eficacia de las salvaguardas existentes en relación al riesgo que afrontan.
- Tipo de control: son tipos de protecciones con los cuales se clasifican en prevención, disuasión, eliminación, minimización del impacto, corrección, recuperación, monitorización, detección, concienciación y administración. Según el tipo de protección será el efecto que contribuya a bajar el impacto o riesgo residual.
- Eficacia de la protección: Las salvaguardas se caracterizan, además de por su existencia, por su eficacia frente al riesgo que pretenden conjurar.
- Impacto potencial: medida del daño sobre el activo derivado de la materialización de una amenaza, en este trabajo se utiliza el impacto por dimensión de seguridad.
- Riesgo potencial: medida del daño probable sobre un sistema.
- Impacto residual: medida del daño sobre un activo derivado de la materialización de una amenaza, pero utilizando controles desplegados.
- Riesgo residual: medida del daño probable sobre el sistema, pero utilizando controles desplegados.
- Estado de riesgo: informe final sobre el impacto potencial, riesgo potencial, impacto residual y riesgo residual.

A. Implementación del marco de trabajo

Una propuesta de implementación la cual básicamente tiene como fin el seleccionar y dar respuesta con los controles a los activos más críticos de un CSIRT incluye 4 pasos generales.

1. **Implementar el organigrama:** se sugiere la implementación del organigrama que propone el marco de trabajo para poder determinar responsabilidades en las actividades de los controles del marco de trabajo.

2. **Implementar la infraestructura:** se sugiere la implementación de la infraestructura la cual incluye tecnología, tipología de red y algunas cuestiones de seguridad para poder tener una infraestructura viable para un CSIRT.

3. **Realizar el análisis de riesgos y priorizar los activos:** se elabora un análisis de riesgos con los activos tecnológicos desplegados en la organización para obtener la criticidad de los activos en impacto y riesgo potencial y residual. Con las métricas dadas por la metodología Magerit en su fase de análisis de riesgos, dando como resultado la priorización de los activos que requieran una pronta atención.

4. **Buscar y seleccionar los controles y las directrices de implementación críticos:** se seleccionan e implementan los controles que se indican dentro del marco de trabajo sobre los activos más críticos definidos tras el análisis de riesgos.

V. CASO DE ESTUDIO

Para llevar a cabo la validación del marco de trabajo se establecieron entrevistas que permiten extraer la información sobre los activos mas importantes de un centro de datos que proyecta convertirse en un CSIRT.

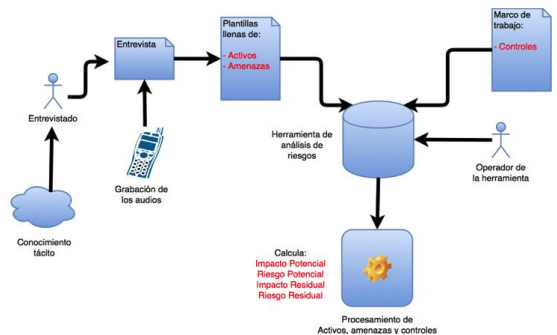


Figure 2. Proceso de caso de estudio

Por lo tanto, la evaluación inicio como se muestra en la Figura 2, con una entrevista para la extracción del conocimiento tácito a los encargados de la infraestructura tecnológica, de Seguridad Perimetral y de la Red de Telecomunicaciones de la entidad estudiada y posteriormente evaluar el estado de riesgo. Para ello se desarrollo una herramienta (Figura 3) que permite capturar los recursos tecnológicos identificados en la entrevista y realizar un análisis de Riesgos que propone el marco de trabajo propuesto.

La entrevista realizada se llevo a cabo para identificar los recursos tecnológicos base que sugiere el marco de trabajo, así

como, la valoración de las amenazas con respecto a los recursos identificados. La Tabla VII muestra un parte de los recursos tecnológicos identificados.

TABLE VII. RECURSOS TECNOLOGICOS IDENTIFICADOS

[HW] Equipamiento informático (hardware)	D	I	C	A	T
Dispositivo FRED	8	10	10	8	
Dispositivo IPS	10	10			10
Dispositivo Switch	10	10			10
Dispositivo de Firewall	10	10			10
Dispositivos de servidores	10	10			10
Estaciones de trabajo del Laboratorio	8			10	
Estaciones de trabajo operativas	10	8		8	
Dispositivos Celulares	10			8	
Dispositivos Tabletas	10			8	

D:Disponibilidad; I:Integridad; C:Confidencialidad; A:Autenticidad; T: Trazabilidad.
Escala 1-10, donde 10 es excelente.

En la Tabla VIII, muestra parte de la valoración de los entrevistados con respecto a los recursos identificados en la Tabla VII.

TABLE VIII. VALORACIÓN DE LAS AMENAZAS

[HW] Equipamiento informático (hardware)			
Activos Tecnológicos	Amenazas	D	P
Dispositivo FRED	Avería de origen físico o lógico	MA	B
	Fuego	MA	B
	Daños por agua	MA	B
	Condiciones inadecuadas de temperatura o humedad	B	B
	Manipulación de los equipos	B	M
Dispositivo IPS	Fuego	MA	B
	Daños por agua	MA	B
	Condiciones inadecuadas de temperatura o humedad	MA	B
	Manipulación de los equipos	B	M
Dispositivo Switch	Contaminación mecánica	B	B
	Condiciones inadecuadas de temperatura o humedad	B	B
	Acceso no autorizado	MA	M
Dispositivo de Firewall	Fuego	MA	B
	Daños por agua	MA	B
	Condiciones inadecuadas de temperatura o humedad	MA	M
	Manipulación de los equipos	B	M
Dispositivos de servidores	Daños por agua	MA	B
	Uso no previsto	M	M
	Avería de origen físico o lógico	M	M
	Condiciones inadecuadas de temperatura o humedad	MA	M
	Errores de mantenimiento actualización de equipo (hardware)	A	A
	Daños por agua	MA	B
Estaciones de trabajo del	Daños por agua	MA	B
	Errores de mantenimiento	M	M

laboratorio	actualización de equipo (hardware)		
	Abuso de privilegios de acceso	MA	M
	Uso no previsto	MA	M
Estaciones de trabajo operativas	Daños por agua	MA	M
	Errores de mantenimiento	M	A
	actualización de equipo (hardware)		
	Abuso de privilegios de acceso	MA	M
Dispositivos celulares	Uso no previsto	MA	B
	Robo	A	M
Dispositivos tabletas	Uso no previsto	A	M
	Robo	MA	B

MA:muy alto; A: Alto; M: Medio; B: Bajo; MB: Muy Bajo.

Durante la entrevista se obtuvieron los indicadores referentes a la Disponibilidad, Integridad, Confidencialidad, Autenticidad y Trazabilidad de los recursos tecnológicos identificados. Una vez obtenido se capturan en la herramienta. Para ello, el primer paso dentro de la herramienta es crear un proyecto en el cual se dan de alta los recursos tecnológicos identificados en la entrevistas y que se enlazan dentro de la herramienta a los recursos tecnológicos base que propone el marco de trabajo. Posteriormente, se registran los valores de las amenazas con respecto a la Tabla VIII y la herramienta enlaza los activos su valoración de amenaza con los controles dados de alta en la herramienta y que deben tenerse en cuenta para proteger al organismo entrevistado. Es decir, la herramienta arroja resultados relacionados a la estimación del estado de riesgo para los recursos identificados dividiendo los resultados por: Impacto Potencial por activo, Riesgo Potencial por activo, Impacto Residual por activo y Riesgo Residual por activo.

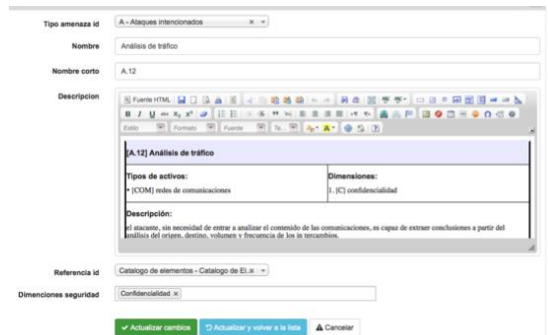


Figure 3. Herramienta de apoyo para el marco de trabajo propuesto

A continuación se muestra en la Figura 4 a manera de ejemplo un resultado obtenido a partir de la herramienta. De acuerdo a los resultados se muestra el riesgo potencial por dimensiones de seguridad del caso de estudio. Con ello se muestra qué dimensiones de seguridad cuentan con un mayor nivel de riesgo potencial siendo Disponibilidad el más alto.



Figure 4. Resultados del Riesgo Potencial

VI. CONCLUSIONES

Los sistemas informáticos continúan en constante crecimiento al igual que la dependencia del usuario cotidiano hacia las comodidades que proporcionan las Tecnologías de Información y Comunicación. Sin embargo, al igual que con ella facilita la capacidad de mantenernos comunicados con el mundo entero, de acuerdo a los resultados de la revisión sistemática surgen grandes problemas tanto para la ciudadanía como para las empresas. Uno de los grandes problemas son los ciberdelincuentes, los cuales continúan en constante avance, creciendo en número y también aumentando la sofisticación de los ataques cibernéticos. Por ello, surge la necesidad de crear grupos de respuesta ante incidentes de seguridad informática (CSIRT) los cuales han sido adoptados por diferentes países en el mundo como una estrategia de ciberseguridad; sin embargo, esto no excluye a los mismos CSIRT de proteger su propia información ante los ataques de ciberdelincuentes.

El marco de trabajo que se propone para establecer la propia seguridad en los principales activos de un CSIRT se hace necesario, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos de la revisión sistemática no existe un marco que agrupe aspectos necesarios y que de una visión global de los posibles riesgos dentro de los activos del CSIRT. Por ello surge la necesidad de dotar al CSIRT de seguridad estructurados mediante controles de seguridad para minimizar el impacto y riesgo hasta un punto aceptable.

Puede observarse a través de los resultados obtenidos que el marco de trabajo a través de la herramienta dan soporte al

análisis de riesgos permitiendo tener una visión global de los activos principales de un CSIRT.

Como trabajo futuro se está desarrollando una herramienta que permita gestionar los riesgos, ya que la primera funcionalidad de la herramienta basada en el marco de trabajo solo permite establecer el análisis de riesgos de la seguridad en un CSIRT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Ramos Fernando Picouto, Pérez Iñaki Lorente, Moran Jean Paul García, and Varón Antonio Angel Ramos, Hacking y seguridad en internet, 1st ed., Alfaomega, Ed. Madrid, España: RA-MA, 2008, vol. 1. ISBN 9788478978083..
- [2] Viridiana Mendoza. (2012, Mayo) CNN Expansion. Consulta: Agosto 2014 [Online]. <http://goo.gl/ccyehn>.
- [3] Deloitte. (2014) deloitte.com. Consulta: Agosto 2014 [Online]. <http://goo.gl/RgVZ2Y>.
- [4] Henk Bronk, Marco Thorbruegge, and Mehis Hakkaja. (2006) European Union Agency for Network and Information Security. Consulta: Enero 2014 [Online]. <https://www.enisa.europa.eu/activities/cert/support/guide>.
- [5] MIAN, Paula, et al. A systematic review process for software engineering. In Proceedings of 2nd Experimental Software Engineering Latin American Workshop (ESELAW 2005), Uberlandia, Brazil, October 3. 2005. p. 1-6.
- [6] UNE-ISO/IEC 27002, Código de buenas prácticas para la gestión de la seguridad de la información., 2009. Consulta: Octubre 2015 [Online] <https://goo.gl/ZNhkf2>.
- [7] Centro Criptológico Nacional. (2013, Junio) www.ccn-cert.cni.es/. Consulta: Julio 2014 [Online]. <https://goo.gl/WNLRJB>
- [8] ENISA, "Cómo crear un CSIRT paso a paso," 2006 Consulta: Junio 2014 [Online] <https://goo.gl/JIENW8>.
- [9] Proyecto AMPARO, *Manual básico de: Gestión de incidentes de seguridad informática.*, 2012 Consulta: Abril 2014 [Online] http://www.proyectoamparo.net/files/manual_seguridad/manual_sp.pdf.
- [10] Richard A. Caralli, Julia H. Allen, and David W. White, "CERT Resilience Management Model," 2011. ISBN 978-0321712431
- [11] CERT Carnegie Mellon University. (2015) <http://www.cert.org/resilience/products-services/octave/>. Consulta: Septiembre 2015 [Online]. <http://www.cert.org/resilience/products-services/octave/>.
- [12] ITWorks. (2015) <http://www.itworks.lu/risk-analysis-ebios.php>. Consulta: Septiembre 2015 [Online]. <http://www.itworks.lu/risk-analysis-ebios.php>.
- [13] Esquema Nacional de Seguridad. (2012, Octubre) PAe - MAGERIT v.3 : Metodología de Análisis y Gestión de Riesgos de los Sistemas de Información. Consulta: Julio 2014 [Online]. <http://goo.gl/M3z1kp>.

Artículos Cortos

Modelos de Innovación Abierta, Una revisión Bibliográfica con enfoque a las PYME

Open Innovation models, A literature review with a focus on SMEs

Cristina Palacio Galeano
Universidad de Medellín
Xflex Business Solutions S.A.S
Medellín, Colombia
christhina32@gmail.com

Paula Andrea Gaviria
Universidad de Medellín
Servicios Nutresa S.A.
Medellín, Colombia
pangacu18@gmail.com

Resumo — La Innovación abierta es una estrategia bajo la cual las empresas van más allá de los límites internos de su organización, y donde la cooperación con profesionales externos y clientes, pasa a tener un papel fundamental en la construcción y elaboración de proyectos de impacto, que favorecen a las organizaciones y el entorno social [4].

Con Innovación abierta se realiza la combinación de conocimiento interno con conocimiento externo, para la generación de proyectos que produzcan innovación dentro de la organización [4]. Por medio de la investigación realizada se describen los diferentes modelos tradicionales sobre innovación, mostrando cómo ha sido la evolución que han ido teniendo en el mundo actual, en donde los clientes son muy exigentes y se involucran en los diferentes procesos y servicios, con el fin de satisfacer sus necesidades y ser partícipes del proceso de creación.

Teniendo en cuenta esta evolución y algunos de los actuales modelos de Innovación Abierta, se propone la adaptación de estos últimos con aplicabilidad en las pequeñas y medianas empresas PYME, con el modelo MOIPyme (modelo innovación abierta para Pyme), buscando que tengan elementos que motiven a la innovación en doble vía al interior y al exterior, y haciendo que las PYME comiencen por eliminar el concepto de ver como problema, el hecho de que la presencia de muchas personas muy capacitadas fuera de la empresa, con múltiples ideas y soluciones innovadoras son una amenaza, y ver más bien que esto representa toda una oportunidad, y que si se crea conciencia innovadora al interior de la PYME y se mantiene conectada con el exterior, entonces su proceso de innovación puede reinventar menos ruedas. Y mejor aún, que los esfuerzos internos de las PYME puedan multiplicarse varias veces gracias a aprovechar las ideas y la inspiración de otros. [4]

Palabras Clave - *Innovación Abierta; Modelos de Innovación; innovación disruptiva; Innocentive; evolución innovación*

Abstract — -Open innovation it is a new strategy under the companies going beyond the internal limits of their organization and where cooperation with external professionals and clients happens to have a key role on building

and developing impact projects that promote organizations and social environment.

Open Innovation with the combination of internal knowledge with external knowledge for the generation of projects that produce innovation within the organization that is performed it. Through research on the different traditional innovation models are described, showing how was the evolution that has been taking in today's world, where customers are very demanding and are involved in the different processes and services in order to meet their needs and to be participants in the process of creation.

Given these developments and some of the current models of open innovation, adapting the latter with applicability in Small and medium-sized enterprises *SMEs* it is proposed, with the MOIPyme model (open innovation model for *SMEs*), seeking to have elements that encourage innovation double track inside and outside, and doing that *SMEs* begin to eliminate the concept of see as a problem the fact that the presence of many highly skilled people outside the company, with multiple ideas and innovative solutions are threat them, and see rather it represents a great opportunity, and that if innovative awareness is created within the *SMEs* and remains connected to the outside, then the process of innovation can reinvent less wheels. And better yet, the internal efforts of *SMEs* to multiply several times by leveraging the ideas and inspiration of others.

Keywords - *Open Innovation; Innovation models; disruptive innovation; innovation Evolution.*

I.

INTRODUCCIÓN

Durante mucho tiempo las empresas han trabajado los modelos de innovación tradicionales, los cuales han sido exitosos en su momento, pero gracias a las exigencias del mercado actual, ha llevado a que estos modelos evolucionen a modelos abiertos, dándole la oportunidad a los clientes que participen en la creación de nuevos productos o en el mejoramiento de los mismos. El entorno competitivo de las empresas hace que se vean en la necesidad de buscar nuevas formas de organizar sus procesos internos, y diseñar sus

relaciones con procesos externos, con los que puedan compartir riesgos y recursos. A partir de estas transformaciones internas surge el concepto de innovación abierta, que genera la necesidad de establecer flujos internos y externos de conocimientos, por parte de las organizaciones para extraer el mayor valor de todo su potencial innovador.[1] Sustentada en la inteligencia colectiva innovación abierta nos permite la generación de ambientes de colaboración donde se encuentran ideas y soluciones innovadoras, de expertos alrededor del mundo con el objetivo de acelerar la innovación al interior de las organizaciones, donde sus resultados posteriormente son compartidos. En estos ambientes se logra una combinación de conocimientos tanto de personal interno como externo, que nos permite potencializar la innovación a través de proyectos de impacto y de estrategia para el área de I+D+i.

Dentro del análisis del proceso de innovación encontramos varios modelos de innovación y su evolución desde los años 60 a la fecha, los cuales se resumen en la siguiente tabla: [2]

TABLE I. CLASIFICACION DE LOS DISTINTOS MODELOS SOBRE EL PROCESO DE INNOVACIÓN.

Autor	Clasificación de modelos del proceso de innovación
Soren, MA (1983)	<ul style="list-style-type: none"> Modelos de Etapas Departamentales (Departmental-Stage Models) Modelos de Etapas de Actividades (Activity-Stage Models) Modelos de Etapas de Decisión (Decision-Stage Models) Modelos de Proceso de Conversión (Conversion Process Models) Modelos de Respuesta (Response Models)
Forrest, J (1991)	<ul style="list-style-type: none"> Modelos de Etapas (Stage Models) Modelos de Conversión y Modelos de Empuje de la Tecnología / Tirón de la Demanda (Conversion Models and Technology-Push/Market-Pull Models) Modelos Integradores (Integrative Models) Modelos Decisión (Decision Models)
Rothwell, R. (1994)	<ul style="list-style-type: none"> Proceso de innovación de primera generación: Empuje de la Tecnología (Technology-Push) Proceso de innovación de segunda generación: Tirón de la Demanda (Market-Pull) Proceso de innovación de tercera generación: Modelo Interactivo (Coupling Model) Proceso de innovación de cuarta generación: Proceso de Innovación Integrado (Integrated Innovation Process) Proceso de innovación de quinta generación (System Integration and Networking)
Padmore, T., y Schmitz, H. y Gibson, H. (1998)	<ul style="list-style-type: none"> Modelo lineal (Linear model) Modelo de enlaces en cadena (Chain link model) Modelo en ciclo (Cycle model)
Hidalgo, A., León, G., Pavón, J. (2002)	<ul style="list-style-type: none"> Modelo Lineal: Empuje de la Tecnología / Tirón de la Demanda Modelo Mixto (Marquis, Kline, Rothwell y Zegveld) Modelo Integrado
Trott, P. (2002)	<ul style="list-style-type: none"> Scenarios (serendipity) Modelos lineales (Linear models) Modelos simultáneos de acoplamiento (Simultaneous coupling model) Modelos interactivos (Interactive model)
Escorsa, P. y Valls, J. (2003)	<ul style="list-style-type: none"> Modelo Lineal Modelo de Marquis Modelo de la London Business School Modelo de Kline
European Commission (2004)	<ul style="list-style-type: none"> Innovación derivada de la ciencia (Technology Push) Innovación derivada de las necesidades del mercado (Market Pull) Innovación derivada de los vínculos entre actores en los mercados Innovación derivada de redes tecnológicas Innovación derivada de redes sociales

De los diferentes modelos y análisis realizados por distintos autores se deduce que existen, concretamente cinco grupos o generaciones de modelos, entre los más destacados están: los Modelos Lineales, Modelos por Etapas, Modelos Interactivos o Mixtos, Modelos Integrados y el Modelo en Red. Se describen estos modelos para orientar al lector en la evolución de los modelos de innovación en las organizaciones [1]. Y finalizamos esta descripción de modelos con dos modelos de innovación abierta como lo son Innocentive y Connect + develop

A. Modelos Lineales: Impulso de la tecnología y tirón de la demanda

Suele hacerse referencia a estos modelos como los de Primera y Segunda Generación respectivamente (Rothwell, 1994 en Velasco, 2005), y ambos se caracterizan por su concepción lineal del proceso de innovación estos modelos establecieron las bases de los modelos posteriores. [2]

El modelo de Empuje de la Tecnología (Figura 1 Adaptación Modelo de Empuje y Tecnología) contempla el desarrollo del proceso de innovación a través de la causalidad que va desde la ciencia a la tecnología y viene representado mediante un proceso secuencial y ordenado que a partir del conocimiento científico y tras diversas fases, comercializa un



Figura 1 Adaptación Modelo de Empuje y Tecnología, Fuente: Rothwell, 1994

producto o proceso que puede ser económicamente viable. [3] Cuando se produce un descubrimiento científico el conjunto de sucesos que ocurren después sigue una linealidad, puesto que la investigación se concibe en este caso como fuente de innovación. “Fig. 1”

A partir de la segunda mitad de la década de los sesenta comienza a prestarse una mayor atención al papel desempeñado por el mercado en el proceso innovador, lo que condujo a la emergencia de un nuevo modelo de innovación tecnológica, también lineal, nominado Modelo de Tirón de la Demanda o del Mercado. Fué un período en el cual, la lucha de las grandes corporaciones por una mayor participación en el mercado se encontró acompañada de un creciente énfasis estratégico en el marketing. Como consecuencia, se produce una mayor intensificación de los factores de la demanda. [2]

De acuerdo con este modelo secuencial “Fig.2”, las



Figura 2 Adaptación modelo de Tirón de Demanda, Fuente: Rothwell, 1994

necesidades de los consumidores se convierten en la principal fuente de ideas para desencadenar el proceso de innovación. El mercado se concibe como fuente de ideas a las que dirigir la I+D+i. [2]

El modelo lineal resulta sumamente útil para entender de forma simplificada el proceso de innovación. Una de sus deficiencias Está relacionada con el carácter secuencial y ordenado que establece para el proceso de innovación puesto que la secuencia puede ser distinta [3]. Cada proceso de

innovación puede presentar variaciones durante su desarrollo lo que obliga al desplazamiento hacia adelante y hacia atrás a lo largo del proceso. [3]

B. Modelos por etapas

El modelo se utiliza para dar formato a su artículo y definir estilos de texto. Todos los márgenes, ancho de las columnas, el espacio entre líneas y fuentes de texto se definen y no se deben cambiar bajo ninguna circunstancia.

Estos modelos, al igual que los anteriores, consideran la innovación como una actividad secuencial de carácter lineal. Uno de sus principales aportes es que incluyen elementos tanto del empuje de la tecnología como del tirón de la demanda.

Inicialmente el proceso se consideraba constituido por dos etapas: la concepción de una idea o una invención, seguido de una segunda etapa que conllevaba la comercialización de esta idea. Utterback, [4] describe asimismo el proceso de innovación en términos simples, pero añade una etapa más de actividades. Las tres fases son: generación de una idea, haciendo uso de distintas fuentes; solución de problemas o desarrollo de la idea (la invención); y su implementación y difusión (llevar la solución o invento al mercado, que implica a la ingeniería, manufactura, prueba de marketing y promoción).

Por su parte, Mansfield [4] va más allá y desarrolla un modelo de cinco etapas, que abarcaba desde las actividades de investigación hasta el proceso de producción.

Finalmente, autores como Sarem describen “Fig. 3” el proceso de innovación en términos de los departamentos de la empresa involucrados: una idea que se convierte en un input para el departamento de I+D, de ahí pasa al de diseño, ingeniería, producción, marketing y finalmente, se obtiene como output del proceso, el producto.



Figura 3 Adaptación modelo Sarem, Fuente: Sarem, 1984

Una de las principales debilidades de estos modelos es que consideran cada actividad o departamento como individual y aislado del resto. [5] [3]

C. Modelos Interactivos o Mixtos

Los Modelos Interactivos o Mixtos, denominados por Roy Rothwell, modelos de tercera Generación, se desarrollan a partir de finales de la década de los 70’s y son considerados por las empresas como una mejor práctica hasta mediados de los ochenta. [2]

En este caso, la innovación se contempla como una suma de fuerzas, ya que la investigación y la sociedad pueden impulsar por igual la I+D+i. Su planteamiento surgió a mediados de los setenta, y uno de los más conocidos es el modelo de Kline “Fig.4” o modelo de enlaces en cadena o modelo cadena-eslabón propuesto por Kline, en vez de tener un único curso principal de actividad como el modelo lineal, tiene cinco caminos o trayectorias que son vías que conectan las tres áreas de relevancia en el proceso de innovación tecnológica: la investigación, el conocimiento y la cadena central del proceso de innovación tecnológica. [4] El sistema ideado por Kline, y otros esquemas similares, como el *modelo de Marquis* o el de *Rothwell*, forman parte de la tercera generación de diagramas que tratan de estudiar la innovación. Aunque incluyen la retroactividad en el proceso innovador, lo cierto es que siguen siendo fundamentalmente secuenciales. Esto provoca que la I+D+i tenga una duración excesiva y siga sin ser un sistema completamente realista. [6]

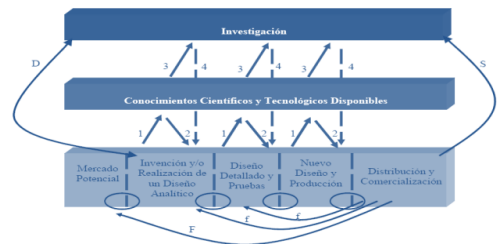


Figura 4 Adaptación Modelo de Kline de enlaces en cadena, Fuente: Kline y Rosemberg. 1986)

Una crítica adicional a los modelos mixtos se refiere a las interacciones con el entorno, dado que ninguno de ellos ahonda de forma satisfactoria en la influencia de los factores del entorno organizativo. [7]

D. Modelos Integrados

Llamados Modelos de cuarta Generación, establecen su vigencia desde los años ochenta hasta comienzos de los noventa.

En los inicios de los años ochenta, comienza a extenderse entre las empresas la tendencia a centrarse en la esencia del negocio y en las tecnologías necesarias, lo que unido a la noción de estrategia global empuja a las empresas a establecer todo tipo de alianzas estratégicas, también el acortamiento del ciclo de vida de los productos hace que la velocidad de desarrollo se imponga como un factor clave para competir, empujando a las empresas a adoptar estrategias basadas en el tiempo. [7]

Aunque los modelos mixtos o interactivos incorporan procesos retroactivos de comunicación entre las diversas etapas, esencialmente siguen siendo modelos secuenciales. A

partir de la consideración del tiempo de desarrollo como una variable crítica del proceso de innovación, las fases del proceso de innovación tecnológica comienzan a ser consideradas y gestionadas, en vez de mediante procesos no secuenciales, a través de procesos concurrentes o simultáneos. [8]

El llamado “enfoque rugby” en el desarrollo de producto contrasta con el enfoque tradicional de carácter secuencial y representa la idea de un grupo que, como unidad, trata de desarrollar una distancia, pasando la bola hacia atrás y hacia delante. [8] Bajo este enfoque, el proceso de desarrollo de producto tiene lugar en un grupo multidisciplinario cuyos miembros trabajan juntos desde el comienzo hasta el final. En vez de atravesar etapas perfectamente estructuradas y definidas, el proceso se va conformando a través de las interacciones de los miembros del grupo. Así por ejemplo, un grupo de ingenieros puede comenzar con el diseño de producto (tercera etapa) antes de que se hayan obtenidos todos los resultados de las pruebas de viabilidad (fase dos). El grupo puede verse obligado a reconsiderar una decisión como resultado de la información obtenida, pero el grupo no se detiene. Todo esto continúa incluso en las últimas etapas del proceso de desarrollo. [8]

La Figura 5 “Fig.5” ilustra las diferencias entre el modelo tradicional de desarrollo de producto de carácter lineal (A), el modelo solapado en el que los solapamientos tienen lugar tan sólo en las fronteras de fases adyacentes (B), y el modelo en el que los solapamientos se extienden a lo largo de las diversas etapas (C).

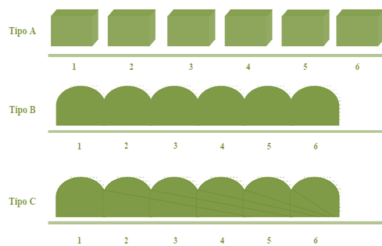


Figura 5. Adaptación diagrama comparativo de modelos, Fuente : Takeuci y Nonaka, 1986

Por otro lado, dos de las características de la innovación en las empresas líderes japonesas son la integración y el desarrollo paralelo. Las empresas japonesas innovadoras integran a los proveedores en el proceso de desarrollo del nuevo producto desde las primeras etapas, y al mismo tiempo integran las actividades de los diferentes departamentos internos involucrados, quienes trabajan en el proyecto simultáneamente (en paralelo) en vez de secuencialmente (en serie). [2]

Por lo tanto, estos nuevos modelos intentan capturar el alto grado de integración funcional que tiene lugar dentro de

las empresas, así como su integración con actividades de otras empresas, incluyendo a proveedores, clientes, y en algunos casos, universidades y agencias gubernamentales. [7]

E. Modelo en Red

El Modelo de Integración de Sistemas y Establecimiento de Redes “Fig.6” *Adaptación del modelo de Integración de Sistemas y Establecimiento de Redes*, es conocido como el modelo de Quinta Generación. Este resalta el interior de las empresas y entre las empresas, y sugiere que la innovación es generalmente un proceso distribuido en red.

Las tendencias estratégicas observadas en la década de los ochenta continúan produciéndose en los noventa, pero con mayor intensidad: las compañías líderes siguen comprometidas con la acumulación tecnológica (estrategia tecnológica); las empresas continúan estableciendo redes estratégicas; la velocidad por llegar al mercado sigue siendo un factor de competitividad clave; persisten los esfuerzos por lograr una mejor integración entre las estrategias de producto y las de producción (diseño para la manufactura); las empresas muestran cada vez una mayor flexibilidad y adaptabilidad (organizacional, productiva y en productos); y las estrategias de producto enfatizan la calidad y el rendimiento. [2]



Figura 6. Adaptación del modelo de Integración de Sistemas y Establecimiento de Redes, fuente: Trotli, 1998

La innovación se convierte en mayor medida en un proceso en red. Pero sobre todo, este último modelo de innovación se caracteriza por la utilización de sofisticadas herramientas electrónicas que permiten a las empresas incrementar la velocidad y la eficiencia en el desarrollo de nuevos productos, tanto internamente (distintas actividades funcionales), como externamente entre la red de proveedores, clientes y colaboradores externos.

La innovación puede considerarse como un proceso de aprendizaje o proceso de acumulación de know-how, que involucra elementos de aprendizaje tanto internos como externos.

Gestionar el proceso de innovación de quinta generación supone en sí mismo un aprendizaje considerable, incluyendo el aprendizaje organizacional, los beneficios potenciales a largo plazo son considerables: eficiencia y manejo de

información en tiempo real a través de todo el sistema de innovación (incluyendo funciones internas, proveedores, clientes y colaboradores).

La Comisión Europea ve a las empresas innovadoras que se encuentran asociadas a un conjunto muy diverso de agentes a través de redes de colaboración y de intercambio de información, conformando un "sistema de innovación" [9]. Este enfoque subraya la importancia que tienen las fuentes de información externas a la empresa: los clientes, proveedores, consultorías, laboratorios públicos, agencias gubernamentales, universidades, etc. de forma que la innovación se deriva de redes tecnológicas. Según Freeman un Sistema de Innovación se define como "las redes de instituciones en el sector privado y público cuyas actividades e interacciones inician, transmiten, modifican y difunden nuevas tecnologías". Consiste por lo tanto, en elementos que interactúan en la producción, difusión y uso de conocimiento nuevo y económicamente útil. [10]

Asimismo, la Comisión Europea señala la importancia creciente del conocimiento como factor de producción y como determinante de la innovación. [9] La innovación basada en conocimiento requiere no una, sino muchas formas de conocimiento, requiere la convergencia de muchos tipos de conocimientos diferentes que poseen de una gran variedad de actores.

F. Modelo de Innovación, Sexta generación.

Este modelo está basado en conocimiento y conectividad, enfocándose en explotar, los recursos existentes y mantener el conocimiento tácito, como medio para el crecimiento de la empresa, su prioridad es brindar mecanismos para que la compañía identifique sus áreas de conocimiento crítico y cree la oportunidad para conectar e integrar el conocimiento, así como incrementar la motivación para compartirlo. [11]

Para implementar este modelo son propuestas tres etapas

I) Crear motivación

La alta dirección crea conciencia y entiende el concepto de capital intelectual.

II) Evaluar el potencial del Capital Intelectual

Por medio de entrevistas y evaluaciones del potencial de capital intelectual que posee en la empresa, para luego enfocarse en donde trabajar su capital intelectual e introducir radicales innovaciones organizativas.

III) Ejecución

Con base en los resultados de las entrevistas y las evaluaciones, se procede a llevar a cabo la implementación del modelo donde lo más importante es que la compañía aprenda a pensar en términos de transferencia de conocimiento, para intercambiar experiencias e ideas y no en términos de máquinas industriales y cursos de entrenamiento funcional. [12]

G. Modelos de Innovación abierta

Término creado por el profesor Henry Chesbrough, se define como la práctica que permite usar propiedad intelectual desarrollada al exterior de la organización para acelerar la innovación al interior de esta, compartir los productos desarrollados internamente, y saber cómo ayudar a otros por fuera de la Compañía [4].

"Las empresas que no usan sus ideas con prontitud se arriesgan a perderlas (y también a perder a la gente que las creó) en beneficio de organizaciones externas" [4]. Esta afirmación invita a que en vez de ver como una amenaza la fuga de ideas, se visualice como una oportunidad para el mercado, al compartir y recibir ideas y soluciones. A continuación se describen dos interesantes modelos basados en Innovación abierta.

IV) Modelo InnoCentive

Es un modelo de "innovación abierta", "Fig.7" soportado en una plataforma web que lleva el mismo nombre, este modelo consta de seis pasos que inician con la identificación de problemas e ideas, la formulación de un reto, la especificación de acuerdos de propiedad intelectual, la publicación del reto, la evaluación de soluciones propuestas y una premiación para finalizar con la transferencia de la propiedad intelectual [11]. "Fig. 8"



Figura 7. Adaptación Modelo Innovación abierta Innocentive



Figure 8. Adaptación Modelo de NEGOCIO Innocentive

V) CONNECT + DEVELOP

Es el modelo propio de innovación abierta creado por Procter & Gamble P&G,

Se define como "Connect + Develop" (Conexión y Desarrollo) y es la colaboración entre miles de científicos e

ingenieros de otras compañías distribuidos alrededor del mundo.

La innovación abierta del modelo "Connect + Develop" de P&G, "Fig.9" funciona en ambas direcciones hacia adentro y hacia afuera, y abarca desde marcas registradas hasta empaque, desde modelos de mercadeo hasta ingeniería, y desde servicios comerciales hasta diseño [12]

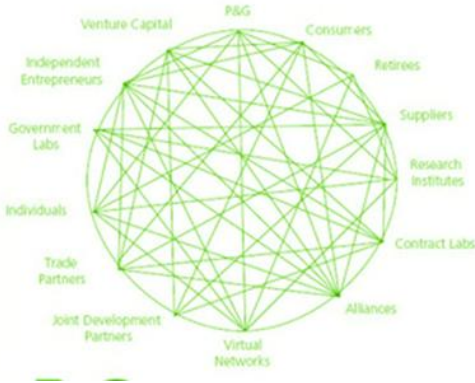


Figure 9. Modelo Connect + develop P&G

Después de esta revisión a los diferentes modelos de innovación, el lector puede observar que estos modelos en principio se refieren a empresas consideradas como grandes, por la cantidad de relación de todos los sub-procesos organizacionales que interactúan entre sí.

El propósito de este artículo describe los diferentes modelos de innovación, identificando cuáles son sus características y encontrando su aplicabilidad en las PYME, esta es una propuesta de un modelo basado en los modelos de innovación abierta, a los que en adelante nos vamos a referir como MOI, orientando su aplicación para las PYME.

II. METODO

En la revisión sistémica se abordó el tema de innovación abierta, específicamente centramos resultados en los diferentes modelos existentes, sin descartar que estos temas son ampliamente aplicables a las diferentes organizaciones y mercados globales existentes.

Del tema seleccionado, se realizaron búsquedas en las diferentes bases de datos científicas obteniendo información de documentos, artículos académicos, libros y trabajos colaborativos, entre otros.

Una vez obtenidos los resultados de la búsqueda se realizó la revisión a cada uno de estos documentos para validar si serían tomados en cuenta para el tema a investigar.

A. Preguntas de investigación

Cuáles son las características de los modelos de innovación abierta?

¿Cómo aplicar los modelos de innovación abierta en las pymes?

B. Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron los artículos y documentos encontrados en las bases de datos de ACM y Google Scholar por ser bases de datos orientadas en búsquedas científicas y avanzadas.

Con respecto al tema de innovación abierta y los diferentes modelos, se tendrá en cuenta artículos, documentos de investigación y libros a partir del 2001 hasta la fecha actual, teniendo en cuenta que el tema de investigación es un tema relativamente nuevo.

Se validará casos de estudio y modelos de innovación que se hayan implementado en diferentes organizaciones a nivel mundial.

Dentro de los criterios de búsqueda a partir de las palabras claves, se consideraron los documentos y artículos que tuvieran mayor relevancia frente al tema de innovación abierta en las organizaciones.

Se excluyeron los artículos con fecha de publicación anterior al año 2001 y en donde el enfoque no estuviera acorde con los modelos de la innovación abierta.

C. Estrategia de búsqueda

Dentro de la base de datos de Scholar y buscador de google, Se utilizaron varias palabras clave, principalmente: "Open Innovation", Innovación Abierta" "Open Innovation models", "disruptive innovation". Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

TABLE II. CADENAS DE BÚSQUEDA, FILTROS Y RESULTADOS (SCHOLAR Y GOOGLE)

CADENA DE BÚSQUEDA	BASE DE DATOS	OTROS FILTROS	NÚMERO DE RESULTADOS
"Open Innovation"	Scholar	Publication Year: 2005 ... 2015	Open Innovation: A new paradigm for understanding Industrial Innovation
"Open Innovation" "Open Innovation Models"	Scholar	Publication Year: 2010 ... 2015	Why Companies Should Have Open Business Models
"Innovación Abierta"	Scholar	Publication Year: 2010 ... 2015	Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento
"Innovación Abierta"	Scholar	Publication Year: 2010	The future of open innovation

CADENA DE BÚSQUEDA	BASE DE DATOS	OTROS FILTROS	NÚMERO DE RESULTADOS
"Disruptive Innovation"	Scholar	Publication Year: 2003	Disruptive Innovation: Removing the Innovators' Dilemma.
"Open Innovation"	Google	Publication Year:	SUSTAINABILITY-ORIENTED INNOVATION
"Open Innovation"	Google	Publication Year: 2013	The Golden Circle of Innovation: What Companies Can Learn from NGOs When It Comes to Innovation,
"Open Innovation"	Google	Publication Year: 2012	Open Innovation and Organization Design
"Open Innovation"	Google	Publication Year: 2013	Adopting Open Innovation to Stimulate Frugal Innovation and Reverse Innovation
"Open Innovation"	Google	Publication Year: 2014	Leveraging External Sources of Innovation: A Review of Research on Open Innovation

CADENA DE BÚSQUEDA	AÑO PUBLICACIÓN	AUTOR	TÍTULO
		H	Rethinking Your Business to Grow and Compete in a New Era
"Open Innovation"	2011	HENRY CHESBROUGH	OPEN Services INNOVATION Rethinking your business to grow and compete in a new era

La metodología para generar la tabla V. Consistió en resumir en dicha tabla los hallazgos referentes a las búsquedas realizadas en cuanto a innovación abierta con unos criterios de búsqueda establecidos, se procede a verificar la cantidad de resultados y se genera un concepto básico referente al documento seleccionado

TABLE V. TABLA CON ESTADÍSTICAS QUE PERMITE COMPARAR ASPECTOS COMO LA PROCEDENCIA DE LOS TRABAJOS REVISADOS

En la base de datos de ACM, las búsquedas fueron realizadas con las palabras claves de "Open Innovation", "Innovación Abierta", "Innovative", "Innocentive", "Connect & develop"

TABLE III. CADENAS DE BÚSQUEDA, FILTROS Y RESULTADOS (ACM)

CADENA DE BÚSQUEDA	BASE DE DATOS	OTROS FILTROS	NÚMERO DE RESULTADOS
"Open Innovation", "Innovacion Abierta", "Innovación"	ACM	Publication Year: 2008 ... 2014	An open innovation approach in support of product release decisions
"Open Innovation", "Innovacion Abierta", "Innovación"		An open innovation approach in support of product release decisions	E. Enkel, O. Gassmann, and H. Chesbrough, "Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon," R and D Management, vol. 39, pp. 311-316, 2009.
"Open Innovation", "Innovacion Abierta", "Innovación"	ACM	Publication Year: 2008 ... 2015	Team recommendation in open innovation networks
"Open Innovation", "Innovacion Abierta", "Innovación"	ACM	Publication Year: 2008 ... 2015	Designing an Integrated Open Innovation System: Towards Organizational Wholeness

Como libros y documentos adicionales se tomaron de base los que se mencionan en la siguiente tabla:

TABLE IV. CADENAS DE BÚSQUEDA, FILTROS Y RESULTADOS (LIBROS)

CADENA DE BÚSQUEDA	AÑO PUBLICACIÓN	AUTOR	TÍTULO
"Open Innovation"	2011	HENRY CHESBROUGH	OPEN Services INNOVATION

ID	Título Artículo	AUTOR	Fecha de Publicación	Fuente: Base científicas, documento, sitio Web, libro, revista, blog, wiki, otros	Criterio de búsqueda, cantidad de resultados
ID 1	Open Innovation: A new paradigm for understanding Industrial Innovation	Henry Chesbrough	Octubre 26 de 2005	Sitio web - Google Scholar	Open innovation 3.420.000 resultados
ID 2	Why Companies Should Have Open Business Models	Henry W. Chesbrough	January 01, 2007	Sitio web - Google Scholar	Open innovation 3.420.000 resultados
ID 2	Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento	Rocio González-Sánchez, Fernando E. García-Muñiá	December, 2010	Documento: Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento	Innovacion abierta 18.400 resultados
ID 4	Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon	E. Enkel, O. Gassmann, and H. Chesbrough	2009.	Base de datos ACM	Open Innovation 16,634
ID 5	An Open Innovation Approach in Support of Product Release Decisions	Maleknaz, Nayebi Guenther Ruhe	2008 - 2014	Base de datos ACM	Open Innovation 16,634
ID 6	DESIGNING AN INTEGRATED OPEN INNOVATION SYSTEM: TOWARDS	Vasiliki Baka	2008 - 2015	Base de datos ACM	Innovation 33,191 Open Innovation 16,634

ID	Título Artículo	AUTOR	Fecha de Publicación	Fuente: Base científicas, documento, sitio Web, libro, revista, blog, wiki, otros	Criterio de búsqueda , cantidad de resultados
	ORGANIZACIONAL WHOLENESS				
ID 7	Team Recommendation in Open Innovation Networks	Michele Brocco, Georg Groh	2008-2015	Base de datos ACM	Innovation 33,191 Open Innovation 16,634

Conclusiones	
	catalogándola como un nuevo paradigma. para la incorporación de conocimientos y fuentes externas en el proceso de innovación de las organizaciones. Además Hace recomendaciones en cuanto a la identificación del trabajo actual para los equipos que emergen a raíz de la innovación abierta proponiendo modelos psicológicos sobre la composición óptima del equipo

III. EVALUACIÓN DE RESULTADOS

La metodología que se aplica para esta evaluación, consiste en identificar los criterios de evaluación con base en lo que se buscó en cada unode artículos y se procede a dar un porcentaje de peso a cada criterio.

Criterio 1: Ponderación del 35%, correspondiente a Modelos de Innovación Abierta.

Criterio 2: Ponderación de 20%, correspondiente a casos de éxito en implementación de Modelos de innovación abierta.

Criterio 3: Ponderación de 30%, correspondiente participación de colaboradores, clientes y proveedores en los modelos de innovación de las compañías.

Criterio 4: Ponderación de 15%, Correspondiente a como las organizaciones en sus área de I+D+I se han implementado innovación abierta.

TABLE VI. CRITERIOS DE EVALUACION

CRITERIOS DE EVALUACION	C1	C2	C3	C4
Innovación abierta: Un modelo preliminar desde la gestión del conocimiento	0.15	0.15	0.25	0.15
Evolución de los modelos sobre el proceso de innovación: Desde el modelo lineal hasta los sistemas de Innovación	0.35	0.15	0.25	0.15
Open Innovation: A new paradigm for understanding Industrial Innovation	0.30	0.10	0.25	0.10
Why Companies Should Have Open Business Models	0.30	0.10	0.20	0.10
Open R&D and open innovation: exploring the phenomenon	0.35	0.10	0.20	0.15
An Open Innovation Approach in Support of Product Release Decisions	0.30	0.20	0.15	0.10
Designing an integrated open innovation System: towards organizational wholeness	0.25	0.10	0.10	0.10

IV. DISCUSIÓN

Algunas empresas en nuestro país apenas se inician en la innovación, bajo la implementación de modelos tradicionales, que conciben la innovación de una manera lineal, estas empresas aun no llegan a considerar el enfoque a modelos de innovación abierta que permitan fomentar la colaboración interna y externa.

La revisión realizada en este artículo de los diferentes modelos de innovación y su evolución en el tiempo, dirige la atención específicamente en las pequeñas y medianas empresas, o sea las PYME, de las cuales pocas se visionan como empresas con innovación abierta y en cambio muchas sí, ven como amenaza, la presencia de personas muy capacitadas fuera de la empresa, con múltiples ideas y soluciones innovadoras, no sabiendo que dicha amenaza es

Conclusiones	
ID1	El documento habla sobre el nuevo paradigma de las organizaciones acerca de la innovación abierta, en donde para generar mayor investigación e innovación en los productos y servicios se necesita innovar en los procesos a través de metodologías que permitan la generación de nuevas ideas tanto al interior con el exterior de la organización, contando con la participación de colaboradores, clientes y proveedores que permite la generación de valor.
ID2	El concepto de innovación interna dentro de las organizaciones, cada día trasciende más hacia la generación de nuevas ideas, no solo al interior de la organización sino con la participación de personas externas a ella en donde se crea valor a partir de ideas innovadoras que apoyen la creación o mejora de un nuevo producto o servicio, generando de esta manera una gran ventaja competitiva dentro del mercado.
ID3	Este documento habla de la implementación de la construcción de un modelo integrado de factores de éxito en los procesos de innovación abierta, al facilitar el proceso de cambio y generar nuevas capacidades necesarias. Adicional se habla de que la innovación supone un camino alternativo complementario a todo el tema de Gestión del conocimiento dentro de las organizaciones, generando a través de comunidades la difusión del conocimiento y la innovación de nuevos productos y/o servicios en la empresa.
ID4	Este artículo proporciona las futuras orientaciones de la innovación e investigaciones recientes al respecto. Basándose en que la mayoría de la investigaciones hasta la fecha han seguido el proceso de afuera hacia adentro de la innovación abierta, mientras que la de adentro hacia afuera no, siendo este proceso el menos explorado. En el artículo se describen varios procesos de innovación con el objetivo de comprender de cómo y dónde la innovación abierta puede agregar valor en el uso intensivo de conocimientos
ID5	El artículo se enfoca en el paradigma de las Innovaciones Abiertas haciendo énfasis en las oportunidades disponibles para el acceso al conocimiento y la información. En general habla de cómo se aplica Innovación Abierta para la recopilación de información y Análisis morfológico (MA) para el problema de estructuración. La metodología de soporte de decisiones propuesto se ilustra con un amplio estudio caso.
ID6	El artículo hace énfasis en el aumento del uso de las tecnologías de colaboración lo cual se ha transformado como parte de la dinámica organizacional. En este trabajo, se adopta el principio de la integridad en el diseño de un sistema integrado de innovación abierta y ofrece una visión general de las actuales tecnologías de colaboración. Se explora la eficacia con plataformas tecnológicas que abordan prácticas de colaboración e innovación dentro y a través de organizaciones y en qué medida las tecnologías existentes actúan como catalizadores estratégicos de innovación abierta.
ID7	Este artículo hace referencia sobre la Innovación abierta

más bien una oportunidad, y que si se crea conciencia innovadora al interior de las PYME y se mantiene conectada con el exterior, su proceso de innovación podría reinventar menos ruedas. Y mejor aún, que los esfuerzos internos de las PYME podrían multiplicarse varias veces gracias a aprovechar las ideas y la inspiración de otros. [13]

Para las PYME dentro del contexto colombiano aún no se considera algún modelo de innovación abierta, dado que estos procesos de cambio y de participación externa en las empresas con clientes y proveedores, generan dudas del cómo hacerlo y temor al riesgo de crear espacios de conocimiento que apalancen la generación de nuevas ideas para innovar en procesos, productos y servicios. Puesto que esto implica compartir conocimiento.

Para describir y comparar los procesos de innovación tradicional con los de innovación abierta nos apoyamos en la tradicional representación gráfica del embudo, en la “Fig. 10”. Aquí se representa un proceso de innovación tradicional, donde por un extremo se introducen ideas y tecnologías existentes en la organización y por el otro extremo sale el producto o servicio final que será ofrecido al usuario. Se trata de la linealidad que describimos en los diferentes modelos tradicionales, donde es necesario seleccionar las mejores ideas, desarrollar los prototipos, validar el prototipo y el resto de actividades al interior de la empresa para finalmente obtener el resultado deseado. [13]

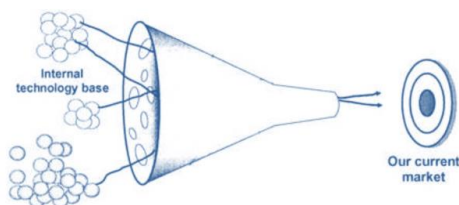


Figura 10. Representación de un proceso de innovación tradicional

La innovación abierta es la generación de un conjunto de conocimientos e ideas que surgen de personas que tienen una relación con el producto o servicio del cual se espera tener algo diferente, es aquí donde vemos que las PYME en Colombia necesita abrirse a estos espacios de participación e innovación no solo a nivel interno si no externo, facilitando la creación de nuevos productos y/o servicios.

En la figura 11. “Fig.11” Se representa un proceso de innovación abierta, donde las ideas y las tecnologías provienen tanto del interior de la organización como del exterior. A diferencia de los procesos de innovación tradicional, en este proceso no existe una única salida, sino que el proceso de innovación se representa con multitud de poros en el embudo que permiten salir del

proceso antes de que llegue al mercado tradicional. Estas salidas pueden ser en forma de licencias de patentes. [13]

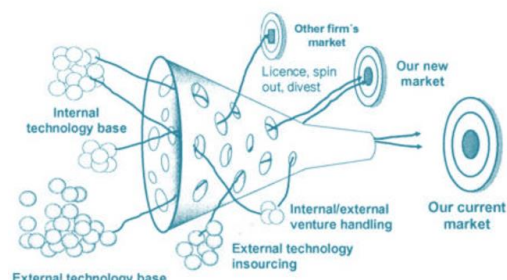


Figura 11. Representación del proceso de innovación abierta

Es fundamental para las pymes que quieren vincular un proceso de innovación abierta, comenzar inicialmente por cambiar su propio ambiente interno de trabajo, en donde a través de un cambio de cultura promuevan este proceso dentro de la organización, impulsando valores como el de flexibilidad, trabajo en equipo, creatividad, respeto por las diferencias, valores, conectividad con el mundo exterior, entre otros para que el proceso de innovación sea ágil y dinámico. Las Pymes al comprender que el mercado exige una constante evolución en los modelos de innovación entran a jugar con la estrategia, dirigiendo a la empresa a ver más allá, y cultivando una visión innovadora que no quede reducida a los límites de la organización. Entendiendo también que la innovación dentro de las organizaciones, día a día trasciende más hacia la generación de nuevas ideas, no solo al interior de la organización sino permitiendo la participación de personas externas que apoyan la creación o mejora de nuevos productos o servicios, generando ventajas competitivas, donde los mayores beneficiados serán empresa y consumidor, al tener constantemente múltiples alternativas innovadoras, que lo que siempre estarán buscando es solucionar necesidades aun no resueltas en el mercado.

Para que una compañía pueda generar mayores innovaciones ya sea en sus productos, procesos y servicios requiere considerar innovar también en sus procesos internos, a través de la motivación que genere para la participación al interior y desde el exterior de la organización. Permitiendo que el consumidor final se involucre en sus procesos de innovación, abriendo las puertas para que entre consumidor y empresa se realice un trabajo mancomunado, para así llegar a dar como resultado final soluciones co-creadas para un mercado que ya las necesita.

En este punto después de describir la evolución de los diferentes modelos y sustentar las oportunidades que los MOI (Modelos de innovación abierta), pueden brindar a las PYME, llevarlo a la práctica requiere apoyarse en el uso de recursos tecnológicos como plataformas, las cuales son soluciones tipo portal web, con seguridad de acceso para la

postulación de retos y soluciones. En síntesis es el espacio creado para que se encuentren expertos de diferentes especialidades y se compartan ideas, retos, soluciones. El resultado de las soluciones y/o ideas innovadoras aprobadas según la política establecida por cada empresa genera algún tipo de reconocimiento o premio que motiva la participación.

Con el fin de facilitar el acercamiento al lector de las diferentes plataformas usadas en la actualidad como herramientas de apoyo a los procesos de innovación abierta, las siguientes figuras, “Fig 12” , “Fig.13” ,representan un comparativo básico de sus características.

V. MODELO PROPUESTO

En Colombia, según los resultados de la encuesta anual manufacturera realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), las PYME conforman el 97,8% de las empresas y son responsables por el 63% del empleo en el país y del 25% de las exportaciones no tradicionales. [14] Analistas de la situación y de los problemas que presentan las PYME coinciden en que la mayoría de estas empresas carecen de un plan estratégico y desconocen las características de los clientes y de la competencia, tanto a nivel nacional como internacional. Adicionalmente para mantenerse vigentes y mejorar su competitividad, las PYME enfrentan diferentes retos, entre estos; mejoramiento tecnológico, gestión de la innovación, desarrollo de nuevos productos, servicios diferenciadores, y capacidad de liderazgo. [14] Teniendo en cuenta lo anterior y con base en el análisis de diferentes modelos de innovación abierta a los que referimos como MOI, se propone un modelo que promueva la co-creación entre clientes y empresas, al que en adelante llamaremos MOIPyme (Modelo de Innovación Abierta para las PYME)

	Facilidad de Acceso	Cantidad de información	Facilidad para la inscripción	Claridad en instrucciones	Calidad de la pagina
P&G	Muy fácil	Mucha	Fácil	Media	Buena
General Mills	Fácil	Media	Muy fácil	Mala	Buena
INNOCENTIVE	Muy Fácil	Mucha	Muy Fácil	Media	Buena
Innoversia	Muy Fácil	Media	Fácil	Excelente	Media
Campbell's	Fácil	Media	Muy fácil	Excelente	Muy Buena
Kraft	Medio	Muy poca	Fácil	Mala	Media
PEPSICO	Muy difícil	Media	Difícil	Mala	Media
My Starbucks Idea	Difícil	Media	Media	Mala	Media
GE	Fácil	Media	Fácil	Excelente	Muy Buena

Figure 12 fuente: Elaboración propia

Programa	Empresa	Retos	# de retos	Deadline	Publican el premio	Aceptan ideas generales	Licencian tecnología
Connect & Develop	P&G	✓	100	✓	✓	✓	✓
G-WIN	General Mills	✓	50	✓	✓	✓	✓
Innocentive	Abierto	✓	111	✓	✓	✓	✓
Innoversia	Abierto	✓	40	✓	✓	✓	✓
Ideas for Innovation	Campbell's	✓	NA	NA	NA	✓	✓
Colgate	Colgate	✓	NA	NA	NA	✓	✓
Innovate with KRAFTS	KRAFT FOODS	✓	NA	NA	✓	✓	✓
Refresh project	PEPSI	✓	1	✓	✓	✓	✓
Mystarbucks idea	Starbucks	✓	NA	NA	NA	✓	✓

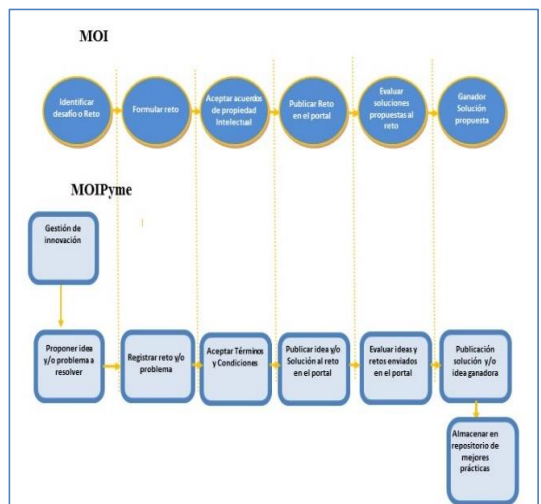
Figure 13. Fuente elaboracion propia

Proponer un modelo de innovación abierta que permita a las PYME el uso de este tipo de plataformas para crear ambientes de colaboración en el mercado específico al que pertenece, es el objetivo del modelo propuesto como MOIPyme, (Modelo de innovación abierta para la Pyme).

Algunas plataformas basadas en innovación abierta facilitan la participación donde personas de todo el mundo participan y compiten para ofrecer ideas y soluciones para los negocios importantes a nivel mundial, se presentan retos a partir de temas sociales, científicos y desafíos técnicos, transformando aspectos económicos a través de la entrega rápida de soluciones y el desarrollo de programas sostenibles de innovación abierta.

Durante más de una década, las organizaciones líderes se han asociado con plataformas basadas en MOI para generar rápidamente nuevas ideas innovadoras y resolver problemas más rápido, más rentable y con menos riesgo que nunca. [15]

Partiendo de los MOI anteriormente descritos, presentamos la propuesta de MOIPyme modelo de innovación abierta para las pymes. “Fig.14”



A. Detalle del modelo propuesto:

I) Gestión de innovación

Esta es una fase previa a la fase inicial compuesta por sencillas etapas, donde se realiza un acercamiento a la innovación para la PYME, definiendo el significado real de innovación para la empresa y la meta que desea alcanzar, incorporando un modelo de innovación abierta, se trata entonces de establecer un espacio donde los clientes puedan CoCrear en conjunto con las empresas al incorporar innovación abierta en la organización. Las etapas para esta fase previa son:

- Definir la situación actual de la PYME, teniendo en cuenta la visión, la misión, la actividad y sector al que pertenece la empresa, con el fin de alinear la estrategia de la empresa con los resultados que se obtengan a través de la implementación de un modelo de innovación abierta.
- Definir el concepto de innovación para la empresa y lo que será innovación abierta para la PYME, para tener claridad y alineación entre el alcance de la implementación de MOIPyme y las expectativas de la empresa.
- Definir metas cuantificables, si se desean vender más, cuanto se desea, si se desea producir más, si se desea optimizar procesos, disminuir costos, agregar valor al producto o servicio, en fin según la o las metas establecidas estas deben ser cuantificadas.
- Conformar equipo o comité innovación “Sin la dedicación y el compromiso completo del equipo de liderazgo de la empresa, la idea de hacer que la innovación sea una competencia central no tiene posibilidad alguna de ocurrir”. [15] Gibson conocido como el Señor de la innovación, afirma “la creación de una capacidad de innovación que se sostenga sola todo el tiempo y en todas partes es un desafío que corresponde fundamentalmente al liderazgo, es algo que definitivamente debe ser encabezado por el CEO”. [14] Serán los promotores de innovación en la PYME quienes evalúen los resultados obtenidos por medio del modelo de innovación abierta.
- Definir, diseñar e implementar la herramienta que apoyará la gestión de innovación abierta. La cual será un portal estructurado con base en el alcance ya definido anteriormente.

Con estos elementos definidos se daría paso a fase inicial del modelo propuesto MOIPyme.

II) Proponer idea o problema a resolver

Esta corresponde a la fase inicial del modelo en donde los colaboradores, clientes y/o proveedores, proponen ideas o problemas a resolver a través de eventos, reuniones o actividades que se realicen en la empresa. En este espacio se cuenta con el apoyo de un promotor de innovación que apoye en la generación e identificación de estas ideas y/o problemas a postular a través de la herramienta para la participación activa de soluciones e ideas más innovadoras.

Los problemas serán asumidos como retos, estos una vez identificados deberán ser aprobados por el gerente general de la empresa para el registro de los mismos a través del portal.

III) Registrar Reto

Figura 14 Modelo de innovación abierta para Pymes (fuente: Elaboración propia basado en Modelo MOI).

En esta etapa una vez identificado el reto se procede a registrarlo, este registro contará con información que puede ser consultada y visualizada por cualquier persona que ingrese a el portal.

Al momento de ingresar al portal a registrar o formular un reto y/o problema, el administrador debe ingresar los datos básicos y obligatorios para la publicación del reto, este tendrá la siguiente información, “Fig.15”: [16]

Título del reto propuesto	El título debe explicar el reto y/o problema propuesto.
Alcance del reto	Categoría del producto, proceso o servicio a la que le aplica
Resultado esperado	Criterios que cumplen la solución, indicador y su respectiva meta.
Ficha técnica y documentos complementarios o ilustrativos del problema	video/fotos
Comité evaluador del reto	Nombres de personas

Figure 15. Registro Reto o problema fuente: Elaboración propia.

IV) Aceptar Términos y Condiciones

Esta etapa del modelo contiene la aceptación de términos y condiciones por parte del usuario que se está registrado en el sistema para la generación tanto de ideas como de soluciones a los retos propuestos, esta aceptación contiene las aclaraciones sobre la propiedad intelectual de las ideas y soluciones que se proponen desde este portal, al final es necesario seleccionar la casilla de aceptación de los términos y condiciones y dar clic en el botón Aceptar, de lo

contrario no le permitirá el registro de ideas y soluciones a los retos propuestos.

V) Publicar idea y/o Solución al reto en el portal

Esta fase del modelo, se podrá presentar una idea o solución a un reto propuesto, se tendrá la opción de poder seleccionar el tipo de categoría, si es una idea o solución a un reto.

Para cada una de estas opciones se considerará lo siguiente:

a. Publicar una idea

Se muestra un formulario con la información del usuario identificado en el portal, y la fecha de creación de la idea, luego es necesario ingresar en los diferentes campos la información solicitada alrededor de la idea, como “Fig.16”:

Nombre de la idea	El nombre que tendrá la idea propuesta
Situación detectada para la generación de la idea	Qué motivo a generar esta idea.
Descripción de la idea	Se describe la idea detallada.
Es algo nuevo dentro de la organización? Si - No	Se responde a la pregunta si es algo totalmente nuevo o simplemente se está generando una idea a partir de un proceso, productos y/o servicio existente.
Beneficios de la idea	Se enumeran los beneficios de implementar la idea.
Proponentes de la idea	Listado de personas que participan en la idea
Anexos asociados a la idea	Permite anexas documentos que sustenten la idea.

Figure 16 Registro de Idea fuente: Elaboración propia.

b. Publicar una Solución a un reto:

Se tendrá un formulario para la generación de una solución a cada uno de los retos propuestos, este solicitará al usuario la siguiente información: “Fig. 17”.

Nombre del proponente	Por defecto trae el nombre del usuario que se registró en el sistema.
Integrantes de la solución	Permite adicionar máximo cinco personas participantes en la solución propuesta. (Esta personas participantes, debe de aceptar igualmente los términos y condiciones de la etapa anterior a esta)
Anexos a la solución	Aquí se ingresa la información correspondiente a la solución del reto, estos anexos son restringidos a máximo 20 megas por propuesta presentada.

Figure 17. Publicar una solución a un reto fuente: Elaboración propia.

VI) Evaluar ideas y retos enviados en el portal

Esta fase del modelo permite al comité evaluador de innovación de ideas y soluciones generadas para cada uno de los retos, analice las propuestas y evalúe bajo los criterios esperados cuáles son las propuesta e ideas innovadoras ganadoras dentro del portal para la publicación de estas.

VII) Publicación solución y/o idea ganadora

Una vez evaluada la idea innovadora y solución al reto, el comité podrá publicar ganadores de estas, a estas personas se les realizará un reconocimiento a través del portal dependiendo del ganador se publicará en dos secciones que tendrán por nombre “Ideas Innovadoras” y “Soluciones Innovadoras”.

Estas ideas y soluciones ganadoras recibirán adicional al reconocimiento en público, incentivos que apoyen la generación de nuevas ideas, enfocados a diferentes categoría de Educación, Bienestar, cultura y entretenimiento.

VIII) Almacenar en repositorio de mejores prácticas

Publicada las ideas y las soluciones ganadoras en el portal, estas son exportadas automáticamente a un repositorio de mejores prácticas de la empresa, con el fin de poder asegurar el conocimiento y replica de estas en otras compañías del medio.

VI. CONCLUSIONES

La innovación en las empresas es un proceso que ha llevado a la generación de valor a través de los diferentes modelos adoptados e implementados, buscando innovar en sus procesos, productos y servicios.

Los diferentes modelos estudiados están orientados a grandes empresas que a su vez cuenta con áreas o departamentos de I+D+I, dejando a un lado compañías como las Pymes que en ocasiones no cuentan con áreas propias de investigación y desarrollo dado a que sus proceso son más informales.

El modelo propuesto en esta investigación, plantea el desarrollo de innovación abierta en las Pymes, muy diferente a los demás modelos analizados, en donde se orienta a la generación de ideas, soluciones innovadoras y el aumento potencial en la creatividad de los empleados dentro de las empresas.

AGRADECIMIENTOS

Universidad de Medellín, Profesor Jaime Echeverry y Profesora Lillyana Giraldo, Señorita Liliana Patricia Pérez por hacer posible la inscripción a la CISTI2016 - 11ª Conferencia Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] O. M. B. & S. López, «Evolución de los modelos de la gestión de la innovación,» 2009.
- [2] R. Rothwell, «Towards the fifth-generation innovation process,» *International Marketing*, vol. 11, nº 1, pp. 7-31, 1994.
- [3] E. F. Sánchez, «Innovación, tecnología y Alianzas estratégicas, factores clave de la competencia,» 1996.
- [4] J. F. Forrest, «Models of the Process of Technological Innovation,» *Technology Analysis & Strategic Management*, vol. 3, nº 4, pp. 439-453, 1991.
- [5] M. A. Saren, «A classification and review of models of the intra-firm innovation process,» vol. 14, pp. 11-24, 2007.
- [6] A. Bernardo, «¿Qué modelos de innovación existen?,» 29 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://blogthinking.com/modelos-de-innovacion/>. [Último acceso: 2015].
- [7] M. Hobday, «Firm-level Innovation Models: Perspectives on Research in Developing Countries,» 2005.
- [8] H. T. a. I. Nonaka, «The new product development game. Stop running the relay race and take un rugby,» *Harvard Business Review*, 1986.
- [9] E. C. (2004), « Innovation Management and the Knowledge-Driven Economy,» 2004.
- [10] B.-A. Lundvall, «National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning, Pinter, London and New York,» 1992.
- [11] P. a. S.-W. K. Adler, «Social Capital: prospect for a new concept.,» *Academy of Management review* , pp. 27:1 17-40, 2002.
- [12] A. Rey, «Plataforma de innovación abierta basado en un análisis de herramientas web: propuesta del modelo y aplicación en un contexto universitario».
- [13] «P&G Connect + Develop,» [En línea]. Available: http://www.pgconnectdevelop.com/home/pg_open_innovation2.html.
- [14] H. Chesbrought, «Open Innovation El nuevo imperativo para la creación y el aprovechamiento de la tecnología,» 2003.
- [15] J. T. A. y. R. I. y. D. d. N. S.A.S., «Cartilla Metodología Sistema Innovación Mínimo Viable,» Medellín.
- [16] R. Gibson, «Gestion,» [En línea]. Available: <http://www.gestion.com.do/index.php/octubre-2011/246-rowan-gibson-implantando-la-innovacion-en-el-adn-de-las-organizaciones..>
- [17] Innocentive, «<http://www.innocentive.com>,» [En línea]. [Último acceso: 29 10 2015].

Semantic Analysis Of Judicial Sentences Based On Text Polarity

Héctor F Gómez A

Electronics, Department of Artificial Intelligence,
Universidad Técnica Particular de Loja, Marcelino
Champagnat S/N, 1101608, Loja, Ecuador
hfgomez@utpl.edu.ec

Jorge Benitez

Faculty of Law , Department of Law, Universidad Técnica
Particular de Loja, Marcelino Champagnat S/N, 1101608,
Loja, Ecuador
jabenitezxx@utpl.edu.ec

Víctor Hernández del Salto

Facultad de Ciencias Humanas y de la Educación
Universidad Técnica de Ambato, Ambato Ecuador
vhernandez@uta.edu.ec

Franco O Guaman B

Electronics, Department of Artificial Intelligence,
Universidad Técnica Particular de Loja, Marcelino
Champagnat S/N, 1101608, Loja, Ecuador
foguaman@utpl.edu.ec

Luis-Roberto Jacome Galarza

Faculty of System Engineering, Energy, Industry and No-
Renovable Natural Resources, Universidad Nacional de
Loja, Loja, Ecuador
lrjacome@unl.edu.ec

Daniel Sánchez Guerrero

Departamento de Ciencias de la Vida
Universidad Estatal Amazónica
Paso lateral, km 2 1/2 vía Tena
Puyo - Ecuador
dsanchez@uea.edu.ec

Gabriel García Torres

Secretaria General, Universidad Técnica Particular de Loja,
Marcelino Champagnat S/N, 1101608,
Loja, Ecuador
gugarcia@utpl.edu.ec

Abstract—According to the principle of legality, impartial judicial procedures should be adopted in a court of law. In this study, we analyzed this principle by examining judicial decisions. We determined that court judgments consist of an emotional content, which implies that the principle of neutrality is not fully met. However, our initial findings generate sufficient evidence to identify the existence of an emotional inference mechanism in judicial decisions.

Keywords— Sentence; semantics; polarity; artificial intelligence; text algorithms.

I. INTRODUCTION

Recent research refers to the study of the incidence of human emotions in judicial procedures. According to these publications in which emotional affection of individuals in legal proceedings is discussed, that is, emotions related to criminal acts of torture or war crimes, there is a greater focus on the desire of vengeance of the judge when handing down sentences [1].

Consequently, new advances have been made in the research of neuroscience-law, which has had a direct influence on international courts of justice. For example, within the field of penal law, some studies affirm that in order to commit a crime, a lawbreaker utilizes their cognitive system (mental models),

which generally are comprised of one of the poles of cognitive behavioral binomials. This cognitive action usually happens at the moment in which a judge emits a sentence. Moreover, its mental models are used to issue performative propositions, which are interpreted as supervening structures consisting of patterns of neuronal connectivity and cerebral functions that involve the amigdyla, hippocampus and the brain cortex. This also means that emotions play a fundamental in the elaboration of such mental models, which are useful for the judge when emitting sentences [2].

The role of emotions is thus important in the systematic conceptualization of law, which is why it is also necessary to analyze their influence in the preparation of judicial sentences in various contexts (death sentences, divorces, rape, punitive damage, or simple sanctions), and in the activities of lawyers and their clients, etc. In addition, it necessary to classify emotions according to the legal process that is being used and to verify whether there is a coherent emotional hierarchy. The result of a coherent series of emotions within this legal context is thus often attributed with the term *impartiality* [3].

In all judicial systems, impartiality is seen as an ethical principle that a judge possesses when emitting a sentence. The principle is established as a constitutive norm in the Codes of Legal Conduct, and is mentally processed by means of psycho-cognitive behavior of the judge, which is then

transferred to their adaptive unconsciousness to emerge within reality as an institutional fact, namely a sentence. However, impartiality may also be used as an ideal principle, which is difficult to achieve. However, it cannot be separated from the feelings of those people that prepare, or redact the legal text. At no moment is a judge thought of as an individual who is isolated from the rest of human nature. His decisions are always affected by factors related to his family, and his psycho-social makeup. It is for this reason that emotions are instantaneously reflected in a legal process during the indictment. Within this context are the roles of the judge and those people that form part of the court, i.e. whose opinions are directly or indirectly reflected in the verdict. A typical example of this is the feeling of distaste or displeasure of the judge. Although this emotion is not necessarily reflected in the verdict because of the level of impartiality that is required, it is implicitly recorded in the minds of each person, and therefore may affect the veracity of the application of the law. This aspect is neither taken into account in judicial processes [3] seeing that the law and emotions are totally separable [4] from one another.

In this study, we aim to address the emotional *charge* (heightened feeling) in legal resolutions or legal sentence and try to determine whether there is a positive, negative, or neutral charge. For this reason, when we analyze individual paragraphs of legal sentences using text mining algorithms, they can be classified according to their emotional charge, which is known as polarity. The result provides the beginning stages of an emotional analysis of sentences, which can be used to create semantic structures and ontologies that can be applied to shared models of positive emotions and shared knowledge among judges. In the following section, we develop a State of the Art review related to our research so to later propose our methodology. Finally, we aim to apply this to the experimentation stage with the aim of producing conclusions and developing future research related to this study.

II. ART OF STATE

By analyzing legal texts one can assign categories and create phrases that help to do immediate searches of legal sentences. By using rules from a knowledge base, one can likewise classify legal texts and obtain better results than those which were obtained with automatic learning algorithms [5]. The analysis of legal texts is also examined with by semantic structures. This enables the rapid checking of legal decisions and their corresponding application in various fields of the law [6]. The proposal of taxonomies in which legal knowledge is organized helps to identify the legal actors in which the emotion is determined, and consists of the relevant theories and norms in legal practice [4]. Emotions are very important in the way they influence interactions between people. This interaction is multi-modal seeing that it relates to entities, subjects, contexts and applications. To analyze emotions, we used supervised learning algorithms that involved the processing of philological signals - thus providing as a result the identification of sadness, anger, fear, frustration, surprise and happiness [7]. These methods are not

invasive, however, since they identify a person's emotional state of mind. In this sense, the various emotions are submitted for analysis via a piece of equipment through which signals are created. We believe that this method of analyzing text does not take into consideration *nervousness* seeing that in jurisprudence the judge or court should be relaxed when emitting their criteria concerning a judgment. In general, most legal texts of this kind contain some form of emotion. Our proposal in this paper is to identify the polarity of text so as to later associate this with part of a positive or negative emotion. Unfortunately, we will not be able to elucidate in this work what type emotion is being related to polarity. However, it is certain that human behavior, emotions and human psychology cannot be modeled automatically perfectly. Neither do we aim to guarantee the polarity of a text, since this also depends on a person's mood. From this, we can obtain our results, which are not only used as a guide for decision making by a human expert. We also base our work on the *Pointwise Mutual Information (PMI)* measurement that consists of estimating the Pointwise Mutual Information for the term in question, and a number of "seed" words that serve as unequivocal and representative examples. The idea behind using this calculation of semantic orientation is that human expressions with a positive opinion appear with greater frequency regarding a word with clearly positive connotations such as excellent and with much less frequency regarding a word with negative connotations such as poor, that is, words that express a feeling, which sometimes appear in the same text. Whereas, the words that express contrary feelings rarely appear together. Thus, the word *excellent* is interpreted as a word with a positive orientation (Martin, 2012), and therefore is much closer to a positive rather than a negative emotion polarity. Below is our proposal based on *PMI* for calculating polarity.

III. METHODOLOGY

An example of the text that we will analyze in this research paper has been compiled in the following corpora of text-based opinions¹:

```
1.</sentence>
<sentence id="s13">The applicants have leave to
cross examine [Ms Hemming] on the affidavits filed
and served by her in response to Order 5 of the
orders of Wilcox J made on 22 March 2005, on such
matters as the Court may later direct.</sentence>
<sentence id="s14">
2.</sentence>
<sentence id="s15">[Ms Hemming] file and serve,
within such time and [sic] the Court may specify, an
affidavit that discloses with particularity the
description and value of all the assets of [Sharman
Networks] (and its subsidiaries within the meaning
of section 9 of the Corporations Act 2001 (Cth) that
are wholly owned) wherever situated and specifying
whether those assets are held by [Sharman Networks]
(or such wholly owned subsidiaries) beneficially or
in trust for any other person or entity and further
specifying:
a. in the case of any bank accounts which [Sharman
Networks] (or such wholly owned subsidiaries)
controls, the name of the bank in which the account
```

¹ <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Legal+Case+Reports>

is held, the name of the branch, the name of the account, the name of a person in whose name the account is held, the account number, and the balance of the account as at the date of service of the orders;

b. the name and address of any person or entity who holds any assets on trust or as nominee for [Sharma Networks] (or such wholly owned subsidiary);

c. details of any trust or arrangement pursuant to which such assets are held;

d. details of any charge, mortgage or other security grouped in relation to any asset; and

e. details of any contracts entered into for the sale, mortgage, charge or other disposition of the assets or any part thereof or interest therein.</sentence>
<sentence id="s16">

In the previous example, it can be inferred that there is both emotion and polarity. For example, **beneficially or in trust** is believed to be more positive than negative, while the phrase **wherever situated and specifying whether** logically depend on the context and the theme that is being discussed. However, for judicial sentences, the expert will classify the polarity according to his knowledge as seen in the example described in this paragraph. In order to automatize the procedure of obtaining polarity, we used *PMI*:

$$PMI(term_1, term_2) = \log_2 \frac{Pr(term_1 \wedge term_2)}{Pr(term_1) \cdot Pr(term_2)} \quad (1)$$

With this classification, we aim to determine the polarity of a text (e.g. classifying it as positive or negative polarity), which depends on emotional states based on the frequency of the co-occurrence of terms or a phrase (Carrillo, 2011). *PMI* help to calculate the strength of the semantic association between words so as to later apply the recuperation of information (IR), and to obtain the statistics of the co-occurrence of words. We automatize this process with the following code, which was used to obtain the PMI. This takes into consideration the Google APIs to identify the polarity of a text:

```
from __future__ import division
import urllib.request
import urllib
import json
from math import log
def hits(word1, word2=""):
    query = "http://ajax.googleapis.com/ajax/services/search/web?v=1.0&q=%s"
    if word2 == "":
        results = urllib.request.urlopen(query % word1)
    else:
        q = urllib.request.quote(word1+" "+AROUND(10)+" "+word2)
        print(q)
        print(query % q)
        results = urllib.request.urlopen(query % q)
    json_res = json.loads(results.readall().decode('utf-8'))
    google_hits=int(json_res['responseData']['cursor']['estimatedResultCount'])
    return google_hits
def so(phrase):
    num = hits(phrase,"excellent")
    #print num
    den = hits(phrase,"poor")
    #print den
    ratio = num / den
    #print ratio
    sop = log(ratio)
    return sop
print(so("beneficially or in trust"))
```

f)

g)

Code 1. Pointwise Mutual Information, Google Api

In the previous example, Code 1 can be used to obtain a Semantic Orientation (*SO*) of the phrase "This is". Although there is a previous classification of the sentences, the previously-created

corpus(<http://ajax.googleapis.com/ajax/services/search/web?v=1.0&q=%s>) may also contain syntactic dependency trees (syntactic n-grams) and semantic dependency. In this case, it is not only about obtaining semantic orientation, but rather about obtaining the level of valence based on polarity. In the following section, we describe the experimentation stage and the application of *PMI* in judicial sentences.

IV. EXPERIMENTATION

For this stage, we worked with a jurisprudence corpus that contained legal sentences², i.e. with the aim of corroborating our methodology. The results are shown below:

TABLE I. POLARITY VS EMOTION

TP	TN	FP	FN	Precision	Recall	F1Score
38	13	7	12	0,84	0,65	0,73
24	15	4	12	0,85	0,78	0,82
71	27	12	9	0,85	0,69	0,76

Table 1 show our experiment with values greater than 0.70, which we considered to be acceptable as they show a balance between precision and recall. Three emotions were highlighted for this: Sad, Happy and Neutral. The emotions were identified by an expert, and correlate to the polarity obtained in the text. For neutral polarity, it was important to determine *how neutral* an opinion was. Only a few opinions from the document were taken into account for this stage. The results of the experimental stage are shown below:

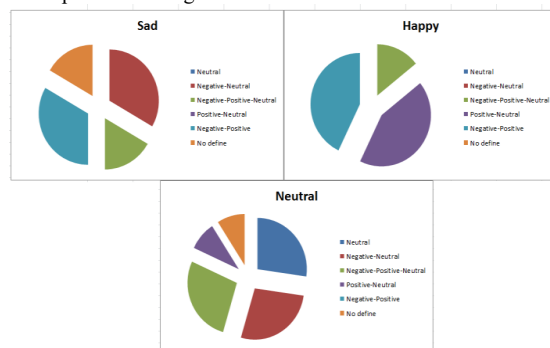


Figure 1. Emotion vs Polarity

² <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Legal+Case+Reports>

Figure 1 show that emotion *sad* may exist in texts that reflect a negative-neutral polarity. This implies that there was coherence in the client's opinion, even though the emotion *sad* cannot be said to be that neutral. For *happy*, there is mostly a positive-neutral and neutral polarity. This possibly reflects the idea of a certain *emotional* tension and an affective charge of possible *disconformity*. Neutral reflects various emotional combinations - for which reason it reflects a lack of neutrality in the legal text. For example, there is a negative-positive-neutral polarity that indicates that the stated phrase is not that *neutral* at the emotional level.

V. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

In this work, we describe the semantic treatment of judicial sentences. We began by validating opinions so that they could be assessed with text mining and to obtain polarity, and consequentially the emotional charge in a possible judicial sentence. This classification of semantic polarity is important for decision making related to the issuing or written preparation of a legal sentence since it helps to identify those texts that need to be focused on. This polarity should be as neutral as possible. The results show that our proposal is acceptable, and can identify text polarity. In addition, they may be related to human behavior, that is, where the identification of various values for neutral opinions demonstrates that they will be neutral-positive or neutral-negative. In other words, it provides a tentative conclusion that there exists an emotional charge in jurisprudence texts and phrases. However, more research is required. We also need to improve the Recall value seeing that the methodology does not take into account values that correspond to texts in various contexts. In a future publication, we will aim to improve the error margin values and try to design an ontology that embodies the classification of emotions in a legal context. In this new methodology, we will be able to assess the relationship between linguistic entities and semantic treatment. This will be very important not only for group classification, but also for establishing relationships among diverse judicial contexts.

REFERENCES

- [1] D. Berti, A. Good y G. Tarabout, *Of Doubt and Proof*, London: Ashgate Publishing Limited, 2015.
- [2] O. Jones, J. Schall y F. Shen, «Law and Neuroscience,» *Journal of Law and the Biosciences Advance Access*, pp. 1-4, 2014.
- [3] S. Bandes, «The Passions of Law,» *Critical America Series*, 2000.
- [4] T. A. Maroney, «Law and Emotion: A Proposed Taxonomy of an Emerging Field,» *Law and Human Behavior*, pp. 119-142, 2006.
- [5] F. Galgani, P. Compton y A. Hoffmann, «Knowledge Acquisition for Categorization of Legal Case Reports,» de *Knowledge Management and Acquisition for Intelligent Systems*, Malaysia, Springer, 2012, pp. 118-132.
- [6] V. R. Benjamins, P. Casanovas, J. Breuker y A. Gangemi, «Law and the Semantic Web, and Introduction,» *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, 2005.
- [7] C. L. Lisetti y F. Nasoz, «Using noninvasive wearable computers to recognize human emotions from physiological signals,» *Journal on Applied Signal Processing*, pp. 1672-1687, 2004.
- [8] M. E. Escudero Aragón, *Marketing en la actividad comercial*, Madrid: Editec, 2014.
- [9] P. Aurchana, R. Iyyappan y P. Periyasamy, «Sentiment Analysis in Tourism,» *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2014.
- [10] E. Choo, T. Yu y M. Chi, «Detecting Opinion Spammer Groups Through Community Discovery and Sentiment Analysis,» *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 170-187, 2015.
- [11] A. Abirami, A. Askarunisa, K. Gayarathri y M. Jeyalakshmi, «Social Media Analysis for TamilNadu Tourism Places using VIKOR Approach,» *Artificial Intelligent Systems and Machine Learning*, 2015.
- [12] M. Schickert, X. Liu y R. Law, «Hospitality and Tourism Online Reviews,» *Travel & Tourism Marketing*, 2015.
- [13] C. Namahoot, M. Bruckner y N. Panawong, «Context-Aware Tourism Recommender System Using Temporal Ontology and Naive Bayes,» *Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 183-194, 2015.
- [14] R. Prasath, V. Kumar y S. Sudeshna, «Assisting web document retrieval with topic identification in tourism domain,» *Web Intelligence and Personalization on Social Media*, pp. 31-41, 2015.
- [15] X. Saralegi y I. San Vicente, «Elhuyar at TASS 2013,» de XXIX Congreso de la Sociedad Española de Procesamiento de lenguaje natural, Madrid, 2013.
- [16] S. Poria, A. Gelbukh, E. Cambria, A. Hussain y H. Guang-Bin, «EmoSenticSpace: A novel framework for affective commonsense,» *Elsevier*, pp. 108-123, 2014.
- [17] B. Giffard, M. Laisney, F. Eutasche y B. Desgranges, «Can the emotional connotation of concepts modulate the lexico-semantic deficits,» *Neuropsychologia*, 2009.
- [18] E. Ascher, V. Sturm, B. Seider, S. Holley, B. Miller y R. Levenson, «Relationship satisfaction and emotional language in frontotemporal dementia and Alzheimer disease patterns and spousal caregivers,» *Alzheimer Dis Assoc Disord*, pp. 49-55, 2010.
- [19] B. Torres, R. L. Santos, M. F. Barroso, J. Simoes, M. Moreira, T. Belfort, R. Dias y C. Nascimento, «Facial expression da expressao facial na doenca de Alzheimer: um estudo longitudinal,» *Arq. Neurosiquiatria*, 2015.
- [20] D. Sidtis y R. Wolf, «Pragmatic verbal repetition: review and application of a new method of quantification,» *Text & Talk*, pp. 263-287, 2015.
- [21] B. Agarwal, S. Poria, N. Mittal, A. Gelbukh y A. Hussain, «Concept-Level Sentiment Analysis with Dependency-Based Semantic Parsing: A Novel Approach,» *Cognitive Computation*, pp. 487-499, 2015.
- [22] S. Poria, E. Cambria, G. Winterstein y G.-B. Huang, «Sentic patterns: Dependency-based rules for concept-level sentiment analysis,» *Elsevier*, pp. 45-63, 2014.
- [23] M. Minsky, «The Emotion Machine: Commonsense Thinking,» *New York, Simon & Schuster*, 2006, pp. 344-350.
- [24] K. Bakhtiyari y H. Husain, «Fuzzy Model on Human Emotions Recognition,» *Recent Advances in Electrical and Computer Engineering*, 2014.

El Problema de Cobertura de Conjuntos solucionado por el Algoritmo del Agujero Negro

The Set Covering Problem solved by The Black Hole Algorithm

Ricardo Soto^{1,3,4}, Broderick Crawford^{1,5,6}, Ignacio Figueroa¹, Rodrigo Olivares^{1,2}, Eduardo Olguín⁶

¹Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

²Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile

³Universidad Autónoma de Chile, Santiago, Chile

⁴Universidad Científica del Sur, Lima, Perú

⁵Universidad Central, Santiago, Chile

⁶Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

Resumen — El Problema de Cobertura de Conjuntos (SCP, del inglés Set Covering Problem) es un problema clásico en la optimización combinatorial que pertenece a los 21 problemas NP-hard de Karp. En este trabajo, proponemos un enfoque basado en el algoritmo del agujero negro para resolverlo. El algoritmo del agujero negro es una metaheurística inspirada específicamente en el fenómeno del agujero negro que ocurre en el espacio exterior. Para mejorar el rendimiento de la metaheurística se utilizaron operadores de reparación, funciones de binarización y el pre-procesamiento de instancias. Se reportan interesantes y competitivos resultados experimentales en un conjunto de 45 instancias pre-procesadas del Problema de Cobertura de Conjuntos.

Palabras Clave – Algoritmo del agujero negro, problema de cobertura de conjuntos, problema de optimización.

Abstract — The Set Covering Problem is a classical problem in combinatorial optimization that belongs to the Karp's 21 NP-hard problems, with many practical applications. In this paper, an approach based on Black Hole Algorithm is proposed to solve this problem. The black hole algorithm is a metaheuristic that is inspired by nature, especially by the black hole phenomenon in space. To improve the performance of metaheuristics are used repairing operator, which those solutions that violate the constraints, preprocessing accelerate the resolution of the problem, and transfer function and discretization function to adapts the solutions to a binary domains. We report interesting and competitive experimental results on a set of 45 instances preprocessed the Set Covering Problem.

Keywords – Black hole algorithm, set covering problem, optimization problem.

I. INTRODUCCIÓN

El Problema de Cobertura de Conjuntos (SCP por sus siglas en inglés) es un problema clásico en la optimización combinatoria que pertenece a la clase de problemas NP-hard [7] y que tiene por finalidad encontrar un conjunto de soluciones que cubran un rango de necesidades al menor costo. El SCP puede ser aplicado en diferentes problemas, tales como localización o instalación de servicios, equilibrio en línea de producción, problemas de programación de la tripulación en las aerolíneas [2], entre otros [8]. Existen al menos dos alternativas de resolver este problema: a través de métodos exactos y de métodos aproximados [6]. Los métodos exactos emplean un alto

tiempo de ejecución al explotar todo el espacio de búsqueda lo que implica un alto costo computacional. En el caso de los métodos aproximados, como las metaheurísticas, combinan diferentes conceptos para explorar y explotar adecuadamente el espacio de búsqueda de una manera inteligente. Actualmente existe una gran cantidad de técnicas que permiten resolver el problema de cobertura de conjuntos y la mayoría de ellos basándose en un fenómeno natural.

Un nuevo enfoque es creado basándose en el algoritmo del agujero negro (BHA por sus siglas en inglés) para resolver el SCP. El BHA es una metaheurística de carácter poblacional que representa la fuerza gravitacional que posee un agujero negro, para atraer todo lo que esté a su alrededor en el espacio exterior. En este algoritmo se incorporan dos elementos importantes: la reparación, para modificar las soluciones que violen las restricciones a través de un algoritmo inteligente que analiza la calidad de las soluciones y el uso de funciones de binarización para adaptar las soluciones a un dominio binario. Se presentan interesantes resultados en 45 instancias pre-procesadas evaluadas en este problema.

El resto del informe se organiza de la siguiente manera: En la sección 2 se define el problema de cobertura de conjuntos. La sección 3 presenta el algoritmo del agujero negro. Luego, en la sección 4, se describe el enfoque propuesto y las técnicas utilizada. Para finalizar, se presentan los resultados experimentales y las conclusiones en la secciones 5 y 6, respectivamente.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El Problema de Conjunto de Cobertura consiste en encontrar un conjunto de soluciones que al menor costo posible cubra un conjunto de necesidades. Localización de plantas [2], instalación de servicios, problemas de programación de la tripulación en las aerolíneas, son algunos ejemplos prácticos. Formalmente, se define el problema como sigue: Sea $A = (a_{ij})$ una matriz binaria de n -filas y m -columnas, y sea c_j un vector que representa el costo de cada columna j , asumiendo que $c_j > 0$. Entonces es posible decir que la columna ($j \in N$) cubre una fila i que existe en M si $a_{ij} = 1$. El modelo matemático es como sigue:

$$\min f(x) = \sum_{j=1}^m c_j x_j \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq 1, \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_j \in \{0,1\}, \quad \forall j \in J \quad (3)$$

La ecuación 1 representa la función objetivo del SCP, donde c_j representa el costo que posee una columna j y x_j es la variable de decisión. Las restricciones (ecuación 2) asociadas al problema aseguran que cada fila i sea cubierta por al menos un columna y así obtener soluciones factibles. Por otra parte, para mantener las variables de decisión en el dominio binario, es necesario satisfacer la ecuación 3.

En resumen, el objetivo del SCP es minimizar la suma de los costos de las columnas que pertenezcan a la solución.

A. Trabajos relacionados

El problema de cobertura de conjuntos ha sido estudiado ampliamente en el área de la optimización y la programación matemática. En este contexto, se han expuesto trabajos que resuelven este problema utilizando métodos exactos, generalmente con Branch-and-Bound [10,11]. El problema de estos algoritmos es que sólo son capaces de resolver un tamaño limitado de instancias. Para enfrentar esta problemática, en los últimos años se han estudiado diferentes heurísticas que permitan encontrar un valor óptimo en un tiempo reducido. Por ejemplo, los algoritmos voraces son bastante rápido, pero no son capaces de generar soluciones de buena calidad debido a su naturaleza determinista [12]. Siguiendo esta línea, se ha intentado resolver el SCP utilizando diversas metaheurísticas, con la idea principal de mejorar el tiempo de resolución, sin perder calidad en las soluciones. Algunos de los trabajos más recientes pueden ser vistos en [13-15] y permite comprar nuestro nuevo enfoque con resultados previos.

III. VISIÓN GENERAL DEL AGUJERO NEGRO

El algoritmo del agujero negro (BHA por sus siglas en inglés), está inspirado en el fenómeno natural que sucede en el espacio exterior [4]. BHA es una metaheurística de carácter población, cuya principio se basa en la atracción de todo elemento que lo rodea [1]. A continuación se detalla el algoritmo:

1. Una estrella es considerada una solución al problema. Al tratarse de un algoritmo basado en población, se genera una cantidad determinada de estrellas, aleatoriamente.
2. Se selecciona el agujero negro. Un agujero negro representa la estrella con el mejor fitness de todas las soluciones.
3. El movimiento y generación de nuevas estrellas es llevada a cabo a través de la fórmula de absorción:

$$x_i(t+1) = x_i + \text{rand}[x_{bh} - x_i(t)], i = [1, \dots, N] \quad (4)$$

donde $x_i(t+1)$ es la ubicación de la estrella i en la iteración $t+1$, rand es un número aleatorio entre cero y uno, x_{bh} es la ubicación del agujero negro en el espacio de búsqueda y N es el número de soluciones.

4. El horizonte de evento es un radio originado por el agujero negro. En caso de que una estrella cruce el horizonte, será absorbida y destruida por el agujero negro y una nueva estrella (solución) es creada aleatoriamente. A esto se le conoce como la probabilidad de cruzar el horizonte de evento y se calcula de la siguiente manera:

$$E = \frac{f_{bh}}{\sum_{i=1}^N f_i} \quad (6)$$

donde f_{bh} es el valor fitness del agujero negro, f_i es el valor fitness de la estrella i y N es el número de estrellas (soluciones). Cuando la distancia entre el agujero negro con la estrella es menor que el radio del horizonte de evento, la estrella es absorbida y destruida, generándose una nueva de forma aleatoria.

IV. DESCRIPCIÓN DEL ENFOQUE PROPUESTO

En este trabajo resolvemos el Problema de Cobertura de Conjuntos a través de la metaheurística basada en el fenómeno de los agujeros negros. Cada solución generada por el algoritmo es representada de manera binaria como un vector de 0 ó 1, donde un 1 significa que la columna es parte de la solución y 0 cuando no lo es (ver Figura 1).

0	1	0	0	1	0	...	1	1	0	1	0	0
---	---	---	---	---	---	-----	---	---	---	---	---	---

Figura 1. Representación Binaria de una solución

A. Algoritmo de Agujero Negro

El algoritmo 1 muestra el procedimiento de la metaheurística en pseudocódigo. Al comienzo se genera aleatoriamente la población inicial de N estrellas. La aleatoriedad permite un grado de variabilidad en el algoritmo. En el ciclo se realiza el proceso del BHA. Para cada solución se calcula el fitness (calidad de solución) mediante la función objetivo del SCP (ecuación 1). Las soluciones son generadas mediante la absorción de estrellas por parte del agujero negro que se presenta en la ecuación 4. Al realizar este proceso, un número real entre 0 y 1 es generado y debe ser discretizado. Algunas de estas soluciones no siempre cumplen con las restricciones del problema (soluciones no factibles) y deben ser reparadas por el operador heurístico de factibilidad explicado en la subsección IV.B. Para finalizar, las mejores soluciones se memorizan y el contador de iteraciones t se incrementa, o se termina en caso de alcanzar el número de iteraciones máximas permitidas.

Algoritmo 1. Algoritmo del Agujero Negro

1. **Entrada:** Instancias del SCP (Beasley's OR-Library).
 2. **Salida:** La estrella con el mejor resultado (el menor valor para una instancia del SCP).
 3. Inicializar la población inicial de estrellas con localización aleatoria en el espacio de búsqueda;
 4. **Mientras** $t < \text{Numeroliteraciones hacer}$
 5. **Para cada** estrella, evaluar función objetivo;
 6. Seleccionar la mejor estrella que tuvo el mejor valor de fitness como el agujero negro;
 7. Cambiar la localización de cada estrella mediante la Ecuación.4.
 8. **Si** la estrella alcanza una localización con menor costo que el agujero negro **entonces**
 9. Cambiar esa estrella por el nuevo agujero negro;
 10. **Fin Si**
 11. **Si** la estrella cruza el evento de horizonte del agujero negro **entonces**
 12. Reemplazar por una nueva estrella ubicada aleatoriamente en el espacio de búsqueda;
 13. **Fin Si**
 14. **Fin Para**
 15. **Fin Mientras**
 16. Resultados y visualización;
-

B. Reparación de Soluciones

Por lo general, las metaheurísticas poseen una componente aleatoria. Este factor influye directamente en la generación de soluciones que violan las restricciones que plantea el problema. Una solución no factible en el SCP es una solución que no posee todas las filas cubiertas, es decir, no cumple todas las restricciones. Un método usado para solucionar esto, es utilizar un operador en el algoritmo que permite reparar las soluciones de manera eficiente. Este método incluye la eliminación de la redundancia de columnas. Una columna redundante es aquella que al ser removida de la solución, sigue siendo factible. A continuación se presenta la relación para generar

soluciones factibles que se calcula a través de una proporción entre el costo de la columna j y la suma de todas las filas de la matriz de restricciones que no están cubiertas por la columna j :

$$\frac{\text{Costo de una columna } j}{\text{Número de filas NO cubiertas por una columna } j} \quad (7)$$

Una solución no factible se repara cubriendo las columnas que poseen las proporciones más bajas. Luego de eso, se procede a eliminar la redundancia de columnas mediante la siguiente búsqueda local:

Sea:

- I : El conjunto de todas las filas
- J : El conjunto de todas las columnas
- α_i : El conjunto de columnas que cubren la fila i , $i \in I$
- b_j : El conjunto de filas cubiertas por una columna j , $j \in J$
- S : El conjunto de columnas de una solución
- U : El conjunto de filas no cubiertas
- w_i : El número de columnas que cubren la fila i , $i \in I$

- (i) Inicializar $w_i := |S \cap \alpha_i|, \forall i \in I$
- (ii) Inicializar $U := \{i \mid w_i = 0, \forall i \in I\}$
- (iii) Para cada fila $i \in U$ (en orden creciente de i):
 - (a) Encontrar la primera columna j (en orden creciente de j) en α_i que minimice $c_j / |U \cap b_j|$
 - (b) Añadir j a S y establecer $w_i := w_i + 1, \forall i \in b_j$.
 - (c) Establecer $U := U - b_j$
- (iv) Para cada columna $j \in S$ (en orden decreciente de j), si $w_i \geq 2, \forall i \in b_j$, Establecer $S := S - j$ y Establecer $w_i := w_i - 1, \forall i \in b_j$
- (v) S es una solución factible para el SCP que no contiene columnas redundantes.

Identificar las filas que no están cubiertas se describe en los pasos (i) y (ii). En el paso (iii) las columnas que tengan menor proporción se agregan a la solución. Para finalizar, en el paso (iv) las columnas con mayor costo se eliminan de la solución final.

C. Pre-Procesamiento de Instancias

Para evaluar la eficiencia de nuestro algoritmo son utilizadas las instancias establecidas de Beasley's OR-Library. El pre procesamiento es un método muy utilizado que permite facilitar la solución del SCP, mediante la reducción del tamaño de las instancias, y así acelerar la resolución del problema. Dos métodos de pre-procesamiento fueron utilizados:

- **Dominación de Columna:** Se dice que una columna es dominada por otra cuando las filas de la columna j pueden ser cubierta por otras columnas con un costo menor asociado, y en ese caso es removida del problema.
- **Inclusión de Columna:** Una columna es incluida como una solución óptima del problema, cuando una fila es cubierta solo por una columna luego de realizar la dominación de columna.

D. Funciones de binarización

Las funciones de binarización [3] nos permiten mapear un espacio de búsqueda continua a un espacio de búsqueda discreto, para así manejar las soluciones del algoritmo en un espacio binario, y luego, a través de las funciones de discretización asignar un 0 ó 1 dependiendo el caso. Se debe tener una buena combinación entre ambas técnicas para obtener buenos resultados, ya que se comportan de diferentes formas [5]. La binarización se realizan de la siguiente manera:

- **Función de transformación:**

$$T(x) = \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{\pi}{2}x\right)$$

Donde x es la solución generada y \arctan corresponde a la función trigonométrica arco tangente.

- **Método de discretización:**

$$D(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } T(x) > 0.5 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Donde $T(x)$ es el resultado producido en la función de transformación.

V. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

El algoritmo del agujero negro fue implementado en el lenguaje de programación JAVATM y ejecutado en un equipo Quadcore 2.3 GHz Intel Core i3 con 4 GB de memoria RAM sobre Microsoft Windows 7 Home Premium. La configuración del algoritmo fue la siguiente: una población inicial de 20 estrellas ($n=20$), 4000 iteraciones ($t=4000$) y 20 ejecuciones para todos los grupos de instancias evaluados. Fueron evaluadas 45 instancias del SCP con costo variables, obtenidas de la OR-Library. Estas instancias se encontraban pre-procesadas de acuerdo a la sección IV.C.

La tabla 1 muestra información de las instancias de prueba que se utilizaron para medir el rendimiento del algoritmo, donde la columna número 1 define el grupo de instancias de prueba del SCP, la columna 2 representa la cantidad de instancias por grupo, la siguiente columna el número de las filas n de la matriz de restricciones asociada al grupo de instancias, la cuarta columna es el número de columnas m de cada fila de la matriz de restricciones asociada al grupo de instancias, y para finalizar se ve el rango del valor de los costos del grupo de instancias.

Tabla 1. Instancias de prueba

Grupo Inst.	Núm. Inst.	n	m	Rango Costo
4	10	200	1000	[1,100]
5	10	200	2000	[1,100]
6	5	200	1000	[1,100]
A	5	300	3000	[1,100]
B	5	300	3000	[1,100]
C	5	400	4000	[1,100]
D	5	400	4000	[1,100]

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos utilizando las 45 instancias pre-procesadas del SCP. La primera columna corresponde a la instancia evaluada, la siguiente columna muestra la mejor solución conocida para esa instancia, la tercera columna representa el mejor valor obtenido por parte del algoritmo del agujero negro para la instancia evaluada, la cuarta columna representa la diferencia entre la mejor solución conocida de cada instancia y la mejor solución encontrada por el algoritmo de dicha instancia, en términos de porcentaje. El cálculo del RPD se realiza de la siguiente manera:

$$RPD = \frac{(Z - Z_{opt})}{Z_{opt}} \times 100$$

donde Z_{opt} es la mejor solución conocida de la instancia y Z es la mejor solución encontrada. Para finalizar, la quinta columna representa el promedio de las soluciones en las 20 ejecuciones.

Los resultados demuestran que el enfoque propuesto es capaz de encontrar 30 valores óptimos (66.67% de las instancias) y lograr

valores muy cercanos en las otras instancias. El comportamiento exhibiendo muestra una eficiencia y robustez, contrastando la calidad de la solución obtenida y el tiempo de convergencia que tarda el algoritmo en encontrarla.

Tabla 2. Resultados de los grupos de instancias 4, 5, 6, A, B, C y D.

Instancia	Óptimo	Min.	RPD	Promedio
4.1	429	430	0.23	430.25
4.2	512	512	0	512
4.3	516	516	0	517.2
4.4	494	495	0.20	495.25
4.5	512	514	0.39	514.9
4.6	560	560	0	560.9
4.7	430	430	0	431.1
4.8	492	493	0.20	496.3
4.9	641	644	0.46	648.05
4.10	514	514	0	515.05
5.1	253	253	0	255.6
5.2	302	305	0.99	306.2
5.3	226	228	0.88	228
5.4	242	242	0	242.25
5.5	211	211	0	211.4
5.6	213	213	0	213.15
5.7	293	293	0	295.05
5.8	288	288	0	289
5.9	279	279	0	282.35
5.10	265	265	0	265.1
6.1	138	140	1.45	142.95
6.2	146	147	0.68	149.1
6.3	145	145	0	147.7
6.4	131	131	0	131
6.5	161	161	0	163.5
A.1	253	253	0	255.5
A.2	252	253	0.39	257.35
A.3	232	233	0.43	235.65
A.4	234	234	0	234.95
A.5	236	236	0	236.7
B.1	69	69	0	70.3
B.2	76	76	0	77.6
B.3	80	80	0	80.9
B.4	79	79	0	80.1
B.5	72	72	0	72.3
C.1	227	229	0.88	231.25
C.2	219	219	0	221.4
C.3	243	245	0.82	250.7
C.4	219	219	0	222.7
C.5	215	215	0	216.6
D.1	60	60	0	60.1
D.2	66	67	1.51	68.4
D.3	72	73	1.39	76.05
D.4	62	62	0	63.15
D.5	61	61	0	62.1

La Figura 2 muestra el comportamiento del nuevo enfoque propuesto, resumiendo los valores óptimos alcanzados. Como se puede observar, el BHA es un algoritmo que permite resolver las 45 instancias del SCP, mostrado también que es una técnica competitiva, pues los óptimos logrados en cada grupo de instancia sobrepasa el 50% de cada uno. Si observamos las instancias de menor complejidad 4, 5 y 6 (ver Tabla 1), el algoritmo de agujero negro resuelve exitosamente 16 de 25 instancias (64% de efectividad). Ahora bien, si sólo observamos las instancias mayor complejas A, B, C y D (ver Tabla 1), el algoritmo logra alcanzar 14 óptimos de un total de 20 (70% de efectividad), por lo que podemos decir que ante un mayor número de variables y restricciones, el algoritmo no presenta mayor dificultad para resolverlo.

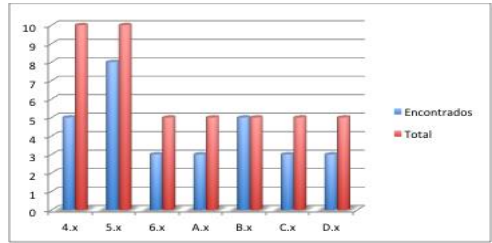


Figura 2. Resumen de óptimos alcanzados.

VI. CONCLUSIONES

En este trabajo, hemos presentado un nuevo enfoque basado en los agujeros negros, para resolver el problema de conjunto de coberturas. El algoritmo del agujero negro es una metaheurística reciente y permite ser adaptada a problemas de dominio binario, utilizando funciones de binarización. Los experimentos fueron realizados sobre un total de 45 instancias pre-procesadas de costo no unitario pertenecientes a la OR-Library, mostrando excelentes resultados. Se alcanzó un total de 30 óptimos globales (RPD = 0) y varias instancias cercanas al óptimo. Como trabajo futuro, se planea utilizar nuevas técnicas para resolver el SCP, e integrar la Búsqueda Autónoma, como mejora al proceso de resolución de la metaheurística.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Hatamlou. Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering. *Information Sciences*, 222:175-184, 2013.
- [2] J. Krarup and O. Bilde. *Plant Location, Set Covering and Economic Lot Size: An 0(mn)-Algorithm for Structured Problems*. Springer, 1977.
- [3] S. Mirjalili and A. Lewis. S-shaped versus v-shaped transfer functions for binary particle swarm optimization. *Swarm and Evolutionary Computation*, 9:1-14, 2013.
- [4] R. Ruffini and J. A. Wheeler. Introducing the black hole. *Physics Today*, 1971.
- [5] S. Saremi, S. Mirjalili, and A. Lewis. How important is a transfer function in discrete heuristic algorithms. *Neural Computing and Applications*, pages 1-16, 2014.
- [6] E. Talbi. *Metaheuristics: from design to implementation*, volume 74. John Wiley & Sons, 2009.
- [7] J. D. Ullman. Np-complete scheduling problems. *Journal of Computer and System sciences*, 10(3):384-393, 1975.
- [8] F. J. Vasko and G. R. Wilson. Using a facility location algorithm to solve large set covering problems. *Operations Research Letters*, 3(2):85-90, 1984.
- [9] X. S. Yang. *Nature-inspired metaheuristic algorithms*. Luniver press, 2010.
- [10] E. Balas and M. Carrera. A dynamic subgradient-based branch-and-bound procedure for set covering. *Location Science*, 5(3):203-203, 1997.
- [11] J. Beasley. An algorithm for set covering problem. *European Journal of Operational Research*, 31(1):85-93, 1987.
- [12] V. Chvatal. A greedy heuristic for the set-covering problem. *Math. Oper. Res.*, 4(3):233-235, 1979.
- [13] B. Crawford, R. Soto, M. Olivares, and F. Paredes. A binary firefly algorithm for the set covering problem. *CSOC 2014*, (285):65-73.
- [14] B. Crawford, R. Soto, N. Berros, F. Johnson, F. Paredes, C. Castro, and E. Norero. A binary cat swarm optimization algorithm for the non-unicost set covering problem. *Hindawi MPE*, 2015:1-8, 2015.
- [15] R. Soto, B. Crawford, R. Olivares, J. Barraza, F. Johnson, and F. Paredes. A binary cuckoo search algorithm for solving the set covering problem. *IWINAC 2015, Proceedings, Part II*, pages 88-97, 2015.

sprintDoc: Concept for an Agile Documentation Tool

Stefan Voigt
Otto-von-Guericke-University/
Fraunhofer IFF
Magdeburg, Germany
stefan.voigt@ovgu.de/@iff.fraunhofer.de

Detlef Hüttemann, Andreas Gohr
CosmoCode GmbH

Berlin, Germany
huettemann/gohr@cosmocode.de

Abstract — Documentation is often neglected in agile software projects, even if software developers perceive a need for good documentation. One reason can be found in improper documentation tools. This paper provides an overview of the central conceptual ideas for an agile documentation tool.

Keywords – agile methods, documentation, wiki.

I. INTRODUCTION

Agile software development methods play an important role in research and practice [1–3]. “Traditionalists” and “agilists” debate the correct interpretation of values and principles in the Agile Manifesto [4]. It is the second value “Working software over comprehensive documentation” is frequently misunderstood. Some agilists even see documentation as a waste of time since it does not contribute to the final product [5]. Agile methods and documentation are not contradictory, though [6, 7]. A certain amount of documentation is essential [6, 8]. Even agile developers consider documentation to be an important issue [9]. We see a need for techniques and methods that support documentation in agile environments [10]. Documentation has to become more easily writable, manageable and updatable [11]. This paper will outline a concept for an agile documentation tool based on requirements identified in an empirical analysis.

Since our work follows a Design Science Research (DSR) approach [12], our paper is structured as follows [13]. This introduction is followed by a literature review(II). Section III presents our research method and section IV describes the concept for an agile documentation tool. Since this paper is part of a German research project in progress, it does not include an evaluation section. Section VI ends our paper with a discussion and conclusion.

II. LITERATURE REVIEW

A. Documentation in agile environments

The software industry played a dominant role in the development and dissemination of agile methods around the turn of the millennium [14], thus spawning great demand for research at the beginning of the twenty-first century. A sound overview of the state-of-the-art is provided in [2, 15–17]. Literature on documentation in agile environments also exists but these papers only cover specific aspects of documentation.

One study presents the status quo documentation strategies employed in agile projects [18]. Two studies very similarly analyzed the documentation routines of agile teams and in project handover situations [19–20]. These studies provide very

useful insight into practice but do not offer concrete solutions or theoretical foundations.

A closer look at artifacts used in agile projects suggests that every artifact used can be regarded as documentation [21]. Hadar et al. focus on architecture documentation and develop an abstract architecture specification [6]. Kanwal et al. focus on offshore agile projects and develop key documents needed to communicate with distant team members [22]. The research question driving the development of an approach to reducing the documentation required by IEC 61508-3:2010 software standard is how to use agile methods for safety critical software [23]. Another document-driven approach is provided by [24], along with suggestions for necessary documents. Active Documentation Software Design [7] on the other hand is an approach to modeling the domain knowledge needed in agile projects. Such knowledge should be integrated into the source-code in a special Domain Knowledge Representation Layer. Clearly, groundwork has been laid but a complete method or tool for documentation in agile projects is still lacking. We therefore developed a method for agile documentation (which exceeds the scope of this paper) in our research project, which can be integrated with the tool concept presented in section IV.

B. Agile documentation tools and wikis

The first work on agile modeling [25] and agile documentation [26] employs simple tools such as note cards and whiteboards that record information temporarily. Wikis have been identified as the best electronic tool for this, though [25, 26]. A document management system is key element to the storage of proposed documents in the Documented Approach [27] but it is not a suitable tool for traceability of information.

A wiki’s users collaboratively develop and link its content. Traditional wikis, however, do not provide capabilities to (semantically) represent information essential for traceability and complex information structures (e.g. correlations between requirements and solutions). Different types of wikis, including semantic, structured and hybrid wikis, now exist, which enable users not only to manage unstructured information but also to add structures to them [28]. A wiki by itself is but one tool that potentially has to interact with other systems as part of the development process, too. Other established tools such as Integrated Development Environments (IDE), Version Control Systems (VCS) and issue trackers are utilized in agile development environments [29]. Information has to be traceable between the different tools [10].

Wikis are already being used in agile environments for documentation. A flexible wiki approach has been adopted for requirements documentation [30] but, as our study reveals,

This work was funded by the German Federal Ministry of Education and Research in its program “Innovative SMEs: ICT” and overseen by the German Aerospace Center’s Project Management Agency for Information Technology [01IS15005A-D].

requirements are already documented quite well (around 50% indicate that much or almost all information on requirements is documented). Concrete solutions and decisions on alternative solutions are documented far less (much or almost everything is documented by only 28% and 24%, respectively). We have thus identified demand for the development of an agile documentation tool, which is based on wiki technology and can be integrated with other information sources.

III. RESEARCH METHOD

Excellent DSR are outlined in [31]. We chose to follow the Design Science Research Methodology [32] entailing the following steps: problem identification and motivation, definition of goals, design and development, demonstration, and evaluation and communication [32]. The consortium of our research project “sprintDoc” consists of a university, a software development company and two pilot users that also develop software. They all use agile methods.

We applied method triangulation to obtain an overall picture of the needs and requirements in agile development. Our analysis consisted of four workshops (similar to project retrospectives), nine interviews with our pilot users and an online survey of other companies developing software (104 respondents). Although the analysis is not the focus of this paper, some of the results are introduced to underpin the argumentation behind our concept.

IV. CONCEPT FOR AN AGILE DOCUMENTATION TOOL “SPRINTDOC”

A. Overall use case, structure and interfaces

Since an agile documentation tool – we call our prototype sprintDoc – does not function as a stand-alone system. It has to be integrated in a company’s agile system landscape, we examined this more closely and determined that the real-world IT landscape predominantly consists of the following tools¹:

- issue/bug tracker (up to agile project management),
- wikis,
- VCS (up to Continuous Integration Systems), and
- IDE [29].

These tools focus on different contexts in the development process: the bug tracker and wiki focus on the functional level as the IDE and VCS focus on the source-code. The VCS and bug tracker manage and track changes as the IDE and wiki focus on the software being produced.

Our interviews (9 interviewees) reveal that developers need concrete requirements and implemented (coded) solutions from past projects. They additionally reported that they obtain information by analyzing issues and code. This made it clear that the source code and the issues had to be interconnected for

¹ We found this landscape among our pilot users and in our study. At least two thirds of all companies use these tools (92 % IDE, 90 % VCS, 80% issue tracker, 68 % wiki). Our study’s pilot user and respondents also communicated need for integration with bug tracker, VCS and IDE.

documentation purpose. The sprintDoc tool should be integrated in the specified landscape and respond flexibly to all of the different foci. We developed the following use case together with the pilot users (see Figure 1.) and set up our prototype based on the DokuWiki² wiki engine: The main idea is to integrate the development of documentation artefacts (wiki pages) in the agile process and thus trace changes in these documents along with changes in issues. The common practice of tagging a commit with the issue ID is transferred to creation and modification on wiki pages. Changes in the wiki will also be tagged with the issue ID: A team member picks a ticket from the issue tracker³ to develop a feature. The issue tracker is used to discuss and refine development tasks in the comments on a ticket (1). The developer keeps the ticket ID while coding the feature in the IDE (2). When the developer commits the tested and optimized code into the VCS⁴, the ticket ID is transferred by the commit message into the VCS (3). The developer changes the status of the issue into acceptance or documentation (depending on the concrete process and the “definition of done”) in the issue tracker (4). Links to the wiki are displayed in the issue tracker to document the issue (5). After documenting system components affected by the issue in the wiki, the developer is linked with the issue tracker again to set the issue status to “done” (6).

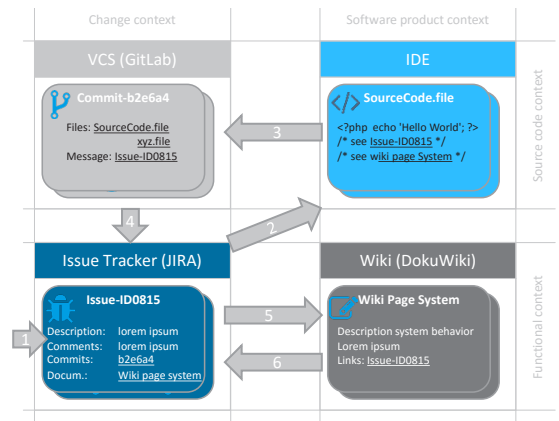


Figure 1. Use case and integration in the tool landscape.

The links between the JIRA issue tracker and DokuWiki are set automatically by the MagicMatcher plugin described in the following section.

B. The MagicMatcher functionality

Our interviews reveal that documentation is usually compiled immediately after or even parallel to implementation (task-oriented). This made it clear that the tools have to interact

² CosmoCode developed the DokuWiki (www.dokuwiki.org), a widely used wiki engine on which we based our prototype.

³ We chose Atlassian JIRA for our prototype and for use in our pilot user environments because of its widespread adoption [29].

⁴ The sprintDoc prototype is connected with the GitLab VCS for the same reasons (see footnote 3).

very closely. Since the wiki should (automatically) know where system components, solutions or lessons learned have to be documented when work is being done on certain issues, we included an issues session in the wiki:

- Special links guide the user from JIRA to certain wiki pages. The link delivers the issue ID.
- All changes made on pages during a session are connected with the issue ID automatically.
- The issue ID is also displayed in the document history of the wiki pages and linked back to JIRA.

The wiki was given a new issue header that is displayed in view and edit mode. This header contains the following elements: issue ID, issue name (linked to the issue in JIRA) and a link to a suggestions page (see Figure 2.), which provides suggestions calculated by the MagicMatcher on which content related to the chosen issue should be documented.

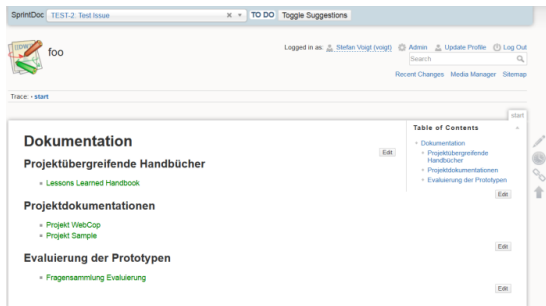


Figure 2. Issue header in the DokuWiki (top).

The MagicMatcher stores issue IDs, pages edited during issue sessions, commits tagged with the issue ID and files contained in the commits (and thus connected with the issue ID). As the number of wiki pages grows, the MagicMatcher helps the user find the most fitting place to document information on the issue on which the developer is currently working. These suggestions are calculated on the basis of matches between source files that were altered during work on that issue and tagged during commit with the issue ID.

A relation model consisting of “page ~ issue ~ commit ~ file” was developed as the basis for the MagicMatcher. The following relations and values were defined:

- **CommitsIn(issue)** is an issue’s set of commits. A commit and an issue are affiliated with each other when the commit message contains the issue ID.
- **FilesIn(commit)** is a commit’s set of source files. A file is affiliated with a commit when it is saved in the VCS in a commit.
- **FilesIn(issue)** is an issue’s set of source files. A file is affiliated with an issue when it is saved by a commit is affiliated with the issue. The weight of affiliation is determined by the number of changed source code lines (see (1)).

$$\text{weight}(\text{issue}, \text{file}) = \frac{\sum \text{modified lines}}{\sum \text{lines}}. \quad (1)$$

- **PagesDocumented(issue)** is the set of pages documented in connection with an issue. A wiki page documents information is affiliated with an issue when it is changed during an issue session.
- **IssuesDocumented(pages)** is the set of issues documented on a page. This is the inversion of **PagesDocumented(issues)**.
- **IssuesRelatedTo(issue)** can be broken down into:
 - A relation based on issue properties: An issue has a relation to another issue when the two are linked.
 - A relation based on congruence between commit and source files: An issue has a relation to another issue when the set of corresponding files is not empty. The weight of the relationship ensues from the weighting of affiliated files (see (2)).

$$\text{weight}(\text{issue1}, \text{issue2}) = \frac{\sum_{i=1}^N (\text{issue1}, f_i) \times \text{weight}(\text{issue2}, f_i)}{\sum_{i=1}^N \text{weight}(\text{issue2}, f_i) + \sum_{i=1}^M \text{weight}(\text{issue2}, f_i)} \quad (2)$$

Where N is the number of files in *issue1* and M is the number of files in *issue2*.

- **PageCandidatesFor(issue)**: A wiki page p is a candidate for documentation related to an issue i , when:
 - the issue of p has a relation to i
 - p contains a link on i or
 - p of a component is assigned to i .

Figure 3. presents the results of **PageCandidatesFor(issue)** for issue “TEST-2”.

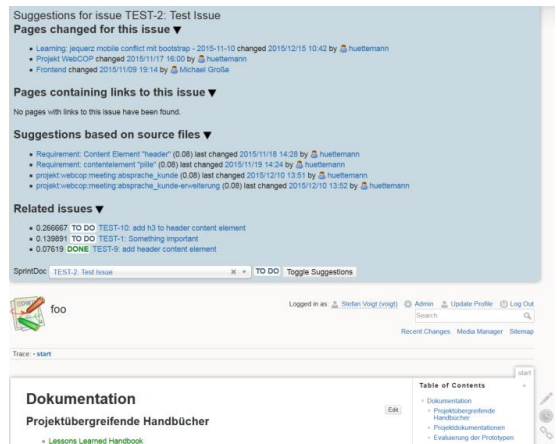


Figure 3. Page suggestions for the issue “TEST-2” in DokuWiki.

Calculations for our relation model are initiated by WebHooks, i.e. a WebHook committing to the VCS calls a

function in the MagicMatcher to start the calculation. The following events require calculations:

- Committing to the VCS
- Moving or deleting source code files
- Editing wiki pages during an issue session
- Renaming, moving or deleting a wiki page
- Marking certain source code files as irrelevant for the calculation

V. DISCUSSION AND CONCLUSION

Since, as over half of our survey respondents reported, software project information exists for up to three years, it is important to keep it accessible. The identification of a lack of time as a chief argument against documentation in our interviews indicates that it ought to be integrated in the development process closely integrated in the tool landscape. Our online survey revealed keeping documentation up-to-date, keeping information traceable and facilitating documentation quality assurance to be the three main requirements for documentation tools. Our prototype accordingly should be able to eliminate the main problems of agile documentation and thus make it easier to keep documentation up-to-date, to find the correct place to compile and to avoid duplicating documentation. The prototype is currently under evaluation in our two pilot user companies. First feedback is promising.

REFERENCES

- [1] P. Abrahamsson, M. A. Babar, and P. Kruchten, "Agility and Architecture: Can They Coexist?," *IEEE Softw*, vol. 27, no. 2, pp. 16–22, 2010.
- [2] D. Cohen, M. Lindvall, and P. Costa, "Agile Software Development," Data and Analysis Center for Software, New York, DACS State-of-the-Art/Practice Report, 2003.
- [3] T. Dingsøyr, T. Dybå, and N. B. Moe, "Agile Software Development: An Introduction and Overview," in *Agile Software Development*, T. Dingsøyr, T. Dybå, and N. B. Moe, Eds, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 1–13.
- [4] R. L. Glass, "Agile versus traditional: Make love, not war!," *Cutter IT Journal*, vol. 14, no. 12, pp. 12–18, 2001.
- [5] C. R. Prause and Z. Durdik, "Architectural design and documentation: Waste in agile development?," in 2012 International Conference on Software and System Process (ICSSP), 2012, pp. 130–134.
- [6] I. Hadar, S. Sherman, E. Hadar, and J. J. Harrison, "Less is more: Architecture documentation for agile development," in 2013 6th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering (CHASE), 2013, pp. 121–124.
- [7] E. Rubin and H. Rubin, "Supporting agile software development through active documentation," *Requirements Eng*, vol. 16, no. 2, pp. 117–132, 2011.
- [8] B. Selic, "Agile Documentation, Anyone?," *IEEE Softw*, vol. 26, no. 6, pp. 11–12, 2009.
- [9] C. J. Stettina and W. Heijstek, "Necessary and neglected?: an empirical study of internal documentation in agile software development teams," in SIGDOC '11 Proceedings of the 29th ACM international conference on Design of communication, 2011, pp. 159–166.
- [10] E. Bouillon, B. Güldali, A. Herrmann, T. Keuler, D. Moldt, and M. Riebisch, "Leichtgewichtige Traceability im agilen Entwicklungsprozess am Beispiel von Scrum," *Softwaretechnik-Trends*, vol. 33, no. 1, 2013.
- [11] T. C. Lethbridge, J. Singer, and A. Forward, "How software engineers use documentation: the state of the practice," *IEEE Softw*, vol. 20, no. 6, pp. 35–39, 2003.
- [12] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, "Design Science in Information Systems Research," *MIS Quarterly*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004.
- [13] S. Gregor and A. R. Hevner, "Positioning and Presenting Design Science Research for Maximum Impact," *MIS Q*, vol. 37, no. 2, pp. 337–356, 2013.
- [14] K. Conboy and L. Morgan, "Future Research in Agile Systems Development: Applying Open Innovation Principles Within the Agile Organisation," in *Agile Software Development*, T. Dingsøyr, T. Dybå, and N. B. Moe, Eds, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 223–235.
- [15] P. Abrahamsson, K. Conboy, and X. Wang, "Lots Done, More To Do": the Current State of Agile Systems Development Research," *European Journal of Information Systems*, vol. 18, no. 4, pp. 281–284, 2009.
- [16] T. Dingsøyr, S. Nerur, V. Balijepally, and N. B. Moe, "A decade of agile methodologies: Towards explaining agile software development," *Journal of Systems and Software*, vol. 85, no. 6, pp. 1213–1221, 2012.
- [17] T. Dybå and T. Dingsøyr, "Empirical studies of agile software development: A systematic review," *Information and Software Technology*, vol. 50, no. 9–10, pp. 833–859, 2008.
- [18] R. Hoda, J. Noble, and S. Marshall, "Documentation strategies on agile software development projects," *IJAESD*, vol. 1, no. 1, p. 23, 2012.
- [19] C. J. Stettina, W. Heijstek, and T. E. Faegri, "Documentation Work in Agile Teams: The Role of Documentation Formalism in Achieving a Sustainable Practice," in 2012 Agile Conference, 2012, pp. 31–40.
- [20] C. J. Stettina and E. Kroon, "Is there an Agile Handover? An Empirical Study of Documentation and Project Handover Practices Across Agile Software Teams," in 19th International ICE-IEEE ITMC Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE), 2013.
- [21] M. Gröber, "Investigation of the Usage of Artifacts in Agile Methods," Master Thesis, Fakultät für Informatik, Technische Universität München, München, 2013.
- [22] F. Kanwal, K. Bashir, and A. H. Ali, "Documentation Practices for Offshore Agile Software Development," *Life Science Journal*, vol. 10, no. 11, pp. 70–73, 2014.
- [23] T. Myklebust, T. Stålhaneb, G. K. Hanssen, T. Wienc, and B. Haugseta, "Scrum, documentation and the IEC 61508-3:2010 software standard," in PSAM12 Proceedings, 2014.
- [24] V. Tripathi and A. K. Goyal, "A Document Driven Approach for Agile Software Development," *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering (IJARCSSE)*, vol. 4, no. 4, pp. 1085–1090, 2014.
- [25] S. W. Ambler, *Agile modeling: Effective practices for eXtreme programming and the unified process*. New York: J. Wiley, 2002.
- [26] A. Rüping, *Agile documentation: A pattern guide to producing lightweight documents for software projects*. Hoboken, NJ: Wiley, 2003.
- [27] N. Uikey, U. Suman, and A. K. Ramani, "A Documented Approach in Agile Software Development," *International Journal of Software Engineering (IJSSE)*, no. 2, pp. 13–22, 2011.
- [28] S. Voigt, F. Fuchs-Kittowski, and A. Gohr, "Structured Wikis: Application Oriented Use Cases," in Proceedings of the 10th International Symposium on Open Collaboration (OpenSym 2014), New York, 2014.
- [29] VersionOne Inc, 8th Annual State of Agile Development. Available: <http://www.versionone.com/pdf/2013-state-of-agile-survey.pdf> (2015, Jun. 03).
- [30] C. Silveira, J. P. Faria, A. Aguiar, and R. Vidal, "Wiki Based Requirements Documentation of Generic Software Products," in Proceedings of the 10th Australian Workshop on Requirements Engineering (AWRE/2005), 2005, pp. 42–51.
- [31] V. Vaishnavi and B. Kuechler, *Design Science Research in Information Systems*. Available: <http://desrist.org/desrist/content/design-science-research-in-information-systems.pdf> (2015, Jul. 17).
- [32] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," *Journal of Management Information Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 45–77, 2007.

Sistemas de Monitorização para Sistemas Paralelos e Distribuídos de Controlo de Dados

Monitoring Systems for Parallel Distributed Data Management Systems

Emanuel Pinho^{1,2}

emanuel.a.pinho@inescporto.pt

¹DEI/FEUP Rua Dr. Roberto Frias,
4200-465 Porto, Portugal

Alexandre Valle de Carvalho^{1,2}

alexandre.carvalho@inesctec.pt

²INESC TEC Campus da FEUP, R. Dr. Roberto Frias,
4200-465 Porto, Portugal

Resumo — Vulgarmente, um sistema de informação BigData está acompanhado de um sistema de monitorização para avaliação de performance e prevenção de erros. Na atualidade as interfaces destes sistemas apresentam desvantagens como a limitação gráfica e a sua abordagem direcionada a componentes físicos. O principal objetivo é estudar mecanismos visuais gráficos e de interação que permitam a representação de dados de monitorização de performance em ambientes de *grid computing*, permitindo fornecer ao utilizador final informações capazes de contribuir de forma objetiva na perceção da análise comportamental do sistema. A participação na conferência tem como objetivo apresentar o estado da arte do tópico de estudo e realizar uma avaliação intercalar do trabalho realizado bem como da proposta de trabalho futuro.

Palavras Chave – *grid computing; monitorização; interação pessoa-computador; gráficos; visuais.*

Abstract — Usually, a Big Data system has a monitoring system for performance evaluation and error prevention. Although, there are some disadvantages in the way that these tools display the information and its targeted approach to physical components. The main goal is to study visual and interaction mechanisms that allow the representation of monitoring data in grid computing environments, providing the end-user information which can contribute objectively to the system analysis. This paper has the purpose to present the state of the art, carries out an intermediate evaluation of the current work and present the proposed solution.

Keywords – *grid computing; monitoring; human-machine interaction; graphical; visual.*

I. AS PESSOAS E OS DADOS QUE PRODUZEM

Hoje em dia, a quantidade de informação gerada eletronicamente faz com que sistemas de bases de dados estejam em constante crescimento [1]. A dimensão da informação que produzimos é realmente enorme e cresce de dia para dia. De acordo com McAfee et al. [2], no ano de 2012, cerca de 2.5 *exabytes* de dados foram criados diariamente. Estes dados são utilizados por grandes empresas mundiais na área das tecnologias da informação como principal estratégia de negócio, fazendo com que a sua análise e tratamento, sejam fatores decisivos na perceção das necessidades dos seus

clientes. Mark Zuckerberg refere-o em [3]. Estes dados são processados em sistemas complexos, distribuídos e paralelos para que o seu desempenho seja o melhor [4]. No entanto, os efeitos consequentes do seu uso pode ser um inconveniente. De acordo com Andreozzi et al [5], o uso de sistemas distribuídos obriga à existência de coordenação de recursos e serviços entre estes, trazendo a consequente variação de comportamentos e decisões. Estas variações têm efeitos repercutivos no desempenho de cada componente do sistema, transformando a monitorização destes componentes numa tarefa obrigatória na sua manutenção. É com esta necessidade que surgem os sistemas de monitorização.

II. SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO

Os Sistemas de monitorização são imprescindíveis para qualquer organização que possua componentes que realizam tarefas críticas. Empresas como a MongoDB já o afirmaram em [6], caracterizando a monitorização como um componente crítico em toda a administração de sistemas de bases de dados. A sua principal tarefa traduz-se na análise do estado do sistema, subcategorizando-se na sua análise comportamental, deteção de anomalias, prevenção de falhas e melhoria de desempenho. Xu [7] refere que a manipulação de sistemas potencialmente heterogéneos requerem ferramentas capazes de capturar informação, disponibilizada em tempo real. Sreeja et al. [8] afirma que a deteção de falhas através das ferramentas de monitorização é um processo obrigatório para poder recorrer a mecanismos de recuperação.

O método de atuação dos sistemas de monitorização pode ser dividido em recolha de dados, processamento e armazenamento e finalmente visualização. A primeira tarefa de qualquer sistema que pretenda disponibilizar dados formatados é garantir o acesso a esses dados. A recolha de dados a partir de sensores é, portanto, a primeira tarefa a executar, podendo ser centralizada, distribuída ou até apenas local. O segundo estado passa pelo processamento dos dados e respetivo armazenamento. A terceira fase corresponde à interação com o sistema de armazenamento de forma a representar graficamente a informação. Coerente com Silva e Catarci, em [9], os dados recolhidos através dos sensores são representados sob forma linear e temporal. No entanto, existem outros métodos gráficos

passíveis de transcreverem os dados num sistema distribuído. A estrutura do sistema é um exemplo onde a formatação pode adquirir formas hierárquicas ou representação georreferenciada.

III. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho de investigação incide precisamente na última etapa, a visualização. Estas ferramentas apresentam atualmente desempenhos notáveis tanto na recolha como no processamento e armazenamento da informação. No entanto, existem aspetos visuais débeis que devem ser revistos.

É importante lembrar que a principal função destes sistemas é providenciar visualmente resultados onde é rápido identificar problemas que podem causar falhas. A diferenciação é, portanto, um fator indispensável na sua aparência. O sistema tem de ser capaz de realçar os aspetos que merecem a atenção do utilizador.

A escalabilidade é outros dos problemas que ocorre num sistema complexo e pode ser um *handicap* à representação esquemática deste sistema. A sua representação visual deve permanecer clara, objetiva, não ambígua e intuitiva. Coerente com esta dificuldade, a usabilidade deve também ser garantida, não permitindo que as variações de dimensão do sistema interfiram com a forma de pesquisa e de deteção de componentes alvos.

IV. FERRAMENTAS DE MONITORIZAÇÃO

Tendo em conta as ferramentas estudadas é possível constatar que o mercado está repleto de ferramentas de monitorização e que existem debilidades, tornando muitas vezes a deteção da origem do problema uma tarefa difícil. Nesta secção são aprofundadas algumas dessas ferramentas, bem como identificadas as respetivas vantagens e deficiências.

A. Ganglia

Ganglia é definido por [10] como uma ferramenta escalável e distribuída para sistemas com elevado desempenho, como são os casos de *clusters* e *grids*. Segundo Andreozzi et al. [5], um sistema completo *ganglia* contém três componentes: *Gmond*, *Gmetad*, *Gweb*. *Gmond* é responsável pela aquisição de valores dos sensores, interagindo com o sistema operativo. *Gmetad* é o componente que faz a ligação entre *Gmond* e os ficheiros de armazenamento *RRD*. De acordo com Massie et al. [11], os ficheiros *RRD* fornecem uma alocação dinâmica em vários segmentos temporais, mantendo constante a dimensão da base de dados. Este é um dos mais usados métodos de armazenamento de dados temporais. O terceiro componente, e com maior relevância para o presente estudo, é o *Gweb*. Fornece dados visuais representativos do conteúdo presente nos ficheiros *RRD*. Segundo Massie et al. em [12], o *Ganglia Web Client* comunica diretamente com o *Graphite*, que é responsável por adquirir a informação dos ficheiros *RRD* e transformá-los em gráficos *PNG*, enviando-os para o cliente. Os autores também referem que a relação entre estes componentes, desenhados de forma hierárquica, representa a maior vantagem face a outras ferramentas.

B. Observium

Observium é definido por [13] como uma ferramenta de monitorização com deteção automática do ambiente. Desta forma, esta é capaz de se adaptar ao sistema, através do uso de

SNMP. *Chris Blake* refere que isso pode ser uma vantagem para utilizadores que não pretendem perder muito tempo com configurações, mas por outro lado tem mais limitações, como é o exemplo da extensão de métricas a analisar [14]. Tal como o *Ganglia*, esta ferramenta faz uso do formato de ficheiros *RRD* para armazenar os valores recolhidos pelos sensores.

C. Nagios

Nagios é mais uma ferramenta *open-source* que contém, segundo [15], características normais de qualquer sistema de monitorização, como serviços de rede, captura de recursos por diferentes máquinas, sistema de alertas e representação gráfica através de *plugins* de *charting*. No entanto, como afirmado por Andreozzi et al. [5], o maior problema é ter um raio de ação pequeno, atuando apenas em redes locais.

D. Zabbix

É capaz de monitorizar um sistema distribuída de complexidade elevada, à semelhança do *ganglia*, mas com mecanismos de construção automática da rede. As características de maior relevância são: a recolha de dados de protocolos como *http*, *ftp*, *ssh*, *pop3*, *smtp*, etc.; mecanismos de autenticação e permissões baseadas em *rules*; notificações personalizadas; *Audit logs*. No entanto, e tal como refere Joseph em [16], quanto mais complexo em termos de organização visual, mais tempo demora o utilizador a adaptar-se à aplicação. O *Zabbix* também apresenta mecanismos de configuração pobres, sendo algumas das configurações apenas editáveis em ficheiros *xml* [17].

V. TÉCNICAS DE VISUALIZAÇÃO

Considerando o foco principal deste projeto, isto é, a visualização dos dados monitorizados, existem técnicas de visualização que podem ajudar a uma mais fácil perceção de problema e ajustar o foco de atenção do utilizador. As técnicas de representação gráfica de diagramas são identificadas como ilustrações de conjuntos de dados [18]. Estas técnicas, segundo Iliinsky e Steele em [19], são excelentes para captar atenção cerebral e desta forma conseguir ser mais objetivas na transmissão de informação. Dam et al. [20] afirma que mais de 50% dos neurónios humanos são dedicados à visão, destacando a excecional capacidade de reconhecimento de padrões.

Comparando um sistema de monitorização a uma história, [21] refere que o principal objetivo de ambos é transmitir algo a alguém, portanto, é necessário que o emissor se coloque na pele do recetor, usando a “língua” apropriada na comunicação. Depois, o emissor tem de perceber qual a estrutura da informação que pretende transmitir, nomeadamente se são temporais ou organizações hierárquicas, quantas variáveis são identificáveis, qual o grau de variação, etc.

À partida é possível identificar algumas características úteis na representação visual de dados de monitorização. Healey [22] identifica a cor como uma variável visual importante e frequentemente usada para diferenciação de pormenores. Buja et al [23] e Mackinlay et al. [24] salvaguardam técnicas de *zooming* e manipulação de *layout* como fator de seleção de pontos de interesse.

VI. PROPOSTA DE SOLUÇÃO

Depois de estudadas as ferramentas e com o foco definido na visualização e interface com o utilizador, verificou-se que o *Ganglia* apresenta características de captura e armazenamento excelentes quando aplicados a sistemas complexos, distribuídos e facilmente escaláveis, sendo adotada esta ferramenta para executar essas tarefas. É proposto um sistema com os componentes *Gmond* e *Gmetad*, que por sua vez é auxiliado por uma instância do *Graphite* como forma de estabelecer a ponte entre os dados de armazenamento *RRD* produzidos e a interface *web client*.

Analisando as ferramentas abordadas, é possível verificar que existem aspetos em comum passíveis de serem melhorados: a representação gráfica de dados lineares e temporais, apesar de ser representada logicamente em gráficos de linhas, é passível de ser sujeita a outras técnicas de visualização. Existem alternativas que beneficiam a capacidade de extração de conhecimento pelo utilizador. A representação das métricas pode ser auxiliada por gráficos *parallel coordinates* para relação de componentes e comparação de comportamentos, gráficos de tempo real de *gauge* ou até mesmo gráficos circulares para representação percentual da ação de cada componente no sistema. A customização gráfica é um aspeto que contribui para a capacidade de diferenciação. Não só as cores das funções são importantes, mas aspetos como título, legendas, *labels* de identificação ou mudança de nomes dos eixos podem ser usados pelos utilizadores para personalização de aspetos diferenciadores; O uso do *Graphite* como método de comunicação com dados *RRD* fornece serviços de comunicação RESTful interessantes do ponto de vista de comunicação. No entanto, o envio de novos gráficos em formato de imagem a cada atualização de valores cria um *overhead* desnecessário na rede. A proposta de solução recomenda que a construção gráfica seja efetuada do lado do cliente para que apenas dados de atualização sejam transferidos; Os métodos de pesquisa e localização de componentes podem-se tornar tarefas difíceis quando o sistema se depara com problemas de escalabilidade. Como forma de resolver estas situações, a proposta de solução fornece gráficos de representação estrutural que facilitam estas pesquisas, através de representações em *tree charts*, *hiveplots* [25] para demonstração das conexões entre componentes ou treemaps para fornecer noção de profundidade e dimensão do sistema. A organização e construção de *dashboards* é outra interação que pode ser melhorada. É relevante que o sistema providencie métodos de ajuste dimensional e ordenação de gráficos de forma *user-friendly*. Uma ferramenta capaz de criar *dashboards* por defeito, direcionados a componentes em específico pode ajudar na facilidade de identificação de problemas; Podemos também observar que atualmente as ferramentas se focam na representação de métricas física, como é o exemplo das análises de *cpu*, memória, etc. A nova proposta foca-se na sua visualização lógica, onde podemos obter e relacionar camadas de diferentes serviços (*query engines*, *persistency layers*, *storage layers*, etc) que existem nas máquinas e assim analisar melhores alternativas de distribuição.

VII. TRABALHO REALIZADO

A aplicação *web* assenta numa estrutura composta por um *cluster* de três máquinas sujeitas a monitorização, sendo

centralizada a informação correspondente a todos as métricas lidas num único servidor que aloja o *Gmetad*. Este servidor aloja igualmente uma instância do *graphite* que comunica com o cliente. A estrutura pode ser observada na figura 1.

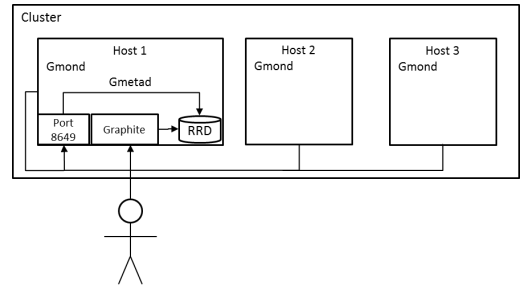


Figure 1. Estrutura do sistema a monitorizar

A construção gráfica é efetuada do lado cliente, utilizando a tecnologia *D3.js* [26], que não sendo diretamente uma ferramenta de criação gráfica, oferece métodos de manipulação de objetos *DOM*, que possibilitam a construção de qualquer género de diagramas de representação de dados.

A representação geral da estrutura do sistema é um ponto essencial para a compreensão e fácil identificação de componentes. O sistema contém uma estrutura hierárquica, que segue um padrão ótimo de desenho em árvore, tal como representado na figura 2.

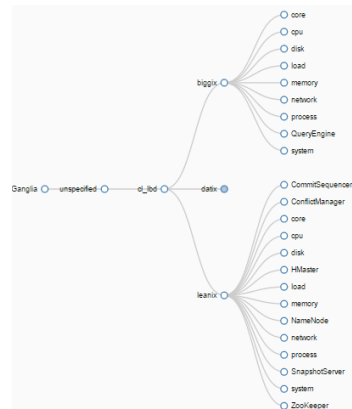


Figure 2. Representação do sistema em gráfico hierárquico

Para rápida identificação da origem do problema ou como forma de obter possíveis soluções, é útil oferecer uma vista lógica, capaz de mostrar a relação entre os componentes. Para isso foi desenvolvido um gráfico *hiveplot*, que possui três eixos que representam as métricas, famílias e máquinas. É possível observar na figura 3 que existem ligações que representam as relações entre cada componente. Por exemplo, no caso apresentado, em que se encontra selecionada a família *cpu*, são realçadas as ligações às métricas que esta contém e quais os *hosts* que a analisam.

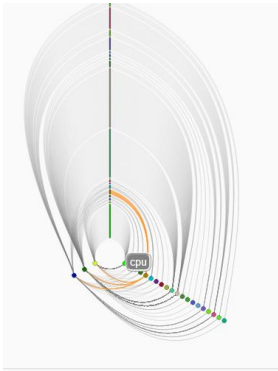


Figure 3. Representação do sistema com hiveplot

O sistema atual contém ainda uma representação sob forma de *treemap*, que contribui para a noção de dimensão do sistema e de cada um dos seus componentes, podendo ser observada na figura 4, com cada área representando uma máquina do sistema.

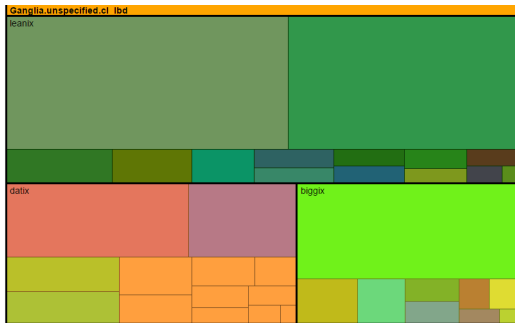


Figure 4. Representação do sistema com treemap

VIII. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A aplicação em desenvolvimento contém aspetos visuais facilitadores do trabalho dos técnicos responsáveis por monitorizar sistemas complexos e distribuídos. A identificação da raiz do problema e ter a capacidade de decidir qual a solução de forma rápida é essencial para que o sistema não entre em colapso. O desenvolvimento atual contribui de forma significativa para a perceção e rápida análise do sistema, que têm um papel essencial nas ações do utilizador. O próximo passo será a criação de novos gráficos para análise individual ou conjunta de métricas selecionadas nos gráficos de estrutura apresentados. É esperado que o sistema tenha a capacidade de sugerir os gráficos mais indicados mediante os componentes selecionados, bem como a disponibilização dinâmica de *dashboards* com gráficos e organização apropriada a esses componentes.

IX. ACKNOWLEDGMENTS

The research leading to these results has received funding from the [European Union] [European Atomic Energy Community] Seventh Framework Programme ([FP7/2007-2013] [FP7/2007-2011]) under grant agreement n° 619606.

Referências Bibliográficas

- [1] J. James, “Domsphere,” 13 Agosto 2015. [Online]. Available: <https://www.domo.com/blog/2015/08/data-never-sleeps-3-0/>.
- [2] A. McAfee, E. Brynjolfsson, T. H. Davenport, D. Patil e D. Barton, “Big data,” *The management revolution. Harvard Bus Rev*, vol. 90, pp. 61-67, 2012.
- [3] M. Zuckerberg, “Facebook,” Junho 2015. [Online]. Available: <https://www.facebook.com/zuck/posts/10102213601037571>. [Acedido em 28 Outubro 2015].
- [4] M. Chen, S. Mao e Y. Liu, “Big data: A survey,” *Mobile Networks and Applications*, vol. 19, pp. 171-209, 2014.
- [5] S. Andreozzi, N. De Bortoli, S. Fantinel, A. Ghiselli, G. L. Rubini, G. Tortone e M. C. Vistoli, “GridICE: a monitoring service for Grid systems,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 21, pp. 559-571, 2005.
- [6] I. MongoDB, “Monitoring for MongoDB,” [Online]. Available: <https://docs.mongodb.org/manual/administration/monitoring/>. [Acedido em 28 Outubro 2015].
- [7] T. Xu, “Grid monitoring system survey,” 2011.
- [8] S. Sreeja e S. Chaudhari, “Study on Grid Resource Monitoring and Prediction,” *Procedia Computer Science*, vol. 45, pp. 815-822, 2015.
- [9] S. F. Silva e T. Catarci, “Visualization of linear time-oriented data: a survey,” em *Web Information Systems Engineering, 2000. Proceedings of the First International Conference on*, 2000, pp. 310-319.
- [10] Ganglia, “Ganglia Monitoring Systems,” Janeiro 2001. [Online]. Available: <http://ganglia.sourceforge.net/>. [Acedido em 13 Janeiro 2016].
- [11] M. L. Massie, B. N. Chun e D. E. Culler, “The ganglia distributed monitoring system: design, implementation, and experience,” *Parallel Computing*, vol. 30, pp. 817-840, 2004.
- [12] M. Massie, B. Li, B. Nicholes e V. Vuksan, *Monitoring with Ganglia*, O'Reilly Media, Inc., 2012.
- [13] “Observium Docs,” Observium, [Online]. Available: <http://www.observium.org/docs/>. [Acedido em 13 Janeiro 2016].
- [14] C. Blake, “Observium, the Do-it-All Monitoring Application,” Abril 2013. [Online]. Available: <http://servernetworktech.com/2013/04/observium-the-do-it-all-monitoring-application/>. [Acedido em 13 Janeiro 2016].
- [15] “Nagios,” Nagios Solutions, [Online]. Available: <https://www.nagios.org/about/>. [Acedido em 13 Janeiro 2016].
- [16] C. Joseph, “Open Source Server Monitoring Tools – Cacti, Zabbix, Nagios,” 8 Agosto 2015. [Online]. Available: <https://cloudstats.me/2015/08/08/open-source-server-monitoring-tools-cacti-zabbix-nagios/>. [Acedido em 13 Janeiro 2016].
- [17] E. Simmonds e J. Harrington, “SCF/FEF Evaluation of Nagios and Zabbix Monitoring Systems,” 7 Julho 2009.
- [18] “Wikipedia,” Wikipedia, Novembro 2015. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Graphs_and_charts. [Acedido em 13 Janeiro 2016].
- [19] N. Iliinsky e J. Steele, *Designing Data Visualizations: Representing Informational Relationships*, O'Reilly Media, Inc., 2011.
- [20] A. Dam, A. S. Forsberg, D. H. Laidlaw, J. J. LaViola Jr e R. M. Simpson, “Immersive VR for scientific visualization: A progress report,” *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 20, pp. 26-52, 2000.

- [21] E. R. Tufte e P. Graves-Morris, *The visual display of quantitative information*, Graphics press Cheshire, CT, 1983.
- [22] C. G. Healey, "Choosing effective colours for data visualization," em *Visualization'96. Proceedings.*, 1996, pp. 263-270.
- [23] A. Buja, J. A. McDonald, J. Michalak e W. Stuetzle, "Interactive data visualization using focusing and linking," em *Visualization, 1991. Visualization'91, Proceedings., IEEE Conference on*, 1991, pp. 156-163.
- [24] J. D. Mackinlay, S. K. Card e G. G. Robertson, "Rapid controlled movement through a virtual 3D workspace," em *ACM SIGGRAPH Computer Graphics*, 1990, pp. 171-176.
- [25] S. Engle e S. Whalen, "Visualizing distributed memory computations with hive plots," em *Proceedings of the Ninth International Symposium on Visualization for Cyber Security*, 2012, pp. 56-63.
- [26] "D3 Data-Driven Documents," [Online]. Available: <http://d3js.org/>. [Acedido em 04 Fevereiro 2016].

Pervasive Business Intelligence as a Competitive Advantage

Teresa Guarda
Universidad Estatal
Península de Santa
Elena-UPSE, Santa
Elena, Ecuador
tguarda@gmail.com
Algoritmo Centre,
Minho University,
Portugal

Filipe Mota Pinto
Instituto Politécnico
de Leiria- ESTG
Leiria, Portugal
filipe.mota.pinto.pt
@gmail.com

Juan Pablo
Cordova
Universidad de las
Fuerzas Armadas-
ESPE, Sangolquí
Quito, Ecuador
jpcordova@espe.edu.ec

Fernando Mato
Universidad de las
Fuerzas Armadas
ESPE
Sangolquí, Ecuador
fjmato@espe.edu.ec

Geovanni
Ninahualpa Quiña
Universidad de las
Fuerzas Armadas –
ESPE
Sangolquí, Ecuador
gninahualpa@espe.edu.ec

Maria Fernanda
Augusto
F&T Innovation
Leiria, Portugal
mfg.augusto@gmail.com

Abstract—Today the strategic significance of information is fundamental to any organization. With the intensification of competition between companies in open markets and often saturated, companies must learn to know themselves and to the market through the collection and analysis of quality information. The strategic information is seen as a key resource for success in the business, which is provided by Business Intelligence systems. A successful business strategy requires an awareness of the surrounding (internal and external) environment of organizations, including customers, competitors, industry structure and competitive forces. Managing the future means not only is able to anticipate what will happen outside the organization, but also be able to represent the events through their own actions timely. To make it possible, Pervasive Business Intelligence arises as a natural evolution of business intelligence applications in organizations, allowing to companies achieve and maintain a sustainable competitive advantage.

Keywords – business intelligence, business intelligence systems; pervasive systems; competitive advantage; process mining; data mining.

I. INTRODUCTION

Increasingly there are a greater number of organizations that provide Business Intelligence (BI) to their decision makers (internal and external). Internally, reinforces the responsibility of all the collaborators and the improve management stability. Externally, relations with suppliers and business partners can be strengthened through effective sharing of performance indicators for mutual benefits [1].

It is very important and also difficult for organizations to make the right decisions. Companies know that the ability to make the right decisions is often essential for increased profits, for risk management and for good overall performance. Due to uncontrollable factors such as the fast-moving markets, the economic and regulatory changes, and new sources of competition, making the right decision is not a peaceful issue.

BI can be understood as the use of different sources of information to define the competitive strategies of an organization [2]. BI goes from the process of collecting large amounts of data, its analysis, and consequent production of

reports that summarize the essence of actions on the business, which will assist the managers in the decision making of the day-to-day business [3]. Thus, we can consider that BI is the process through which users obtain accurate and consistent data from the storage of organizational data environment. The data obtained from various business contexts, allow users to identify, analyze and detect trends, opportunities, threats and anomalies, and make predictions. BI systems and tools play a key role in organizational strategic planning process. These systems allow collect, store, access and analyze data in order to support and facilitate decision making process [4]. The organizations develop their strategies to maintain or achieve a sustainable competitive advantage, thus being hostages of BI systems and tools.

This paper is organized as follows. In this introductory section is dedicated to the presentation. This paper presents a framework for Pervasive Business Intelligence (PBI) as a key factor to enable organizations to gain or maintain a sustainable competitive advantage. The section II discusses PBI. The next section is dedicated to presents the propose PBI framework for achieving competitive advantage. In section IV, makes final remarks and future research options.

II. PERVASIVE BUSINESS INTELLIGENCE

Based on existing studies, we found three different approaches to BI: a management approach, a technical approach and a value-added approach. The management approach addresses the BI as a integration process of data collected from the organizational environment (internal and external) in order to be able to extract the relevant knowledge for management decision making [5,6,7,8,9]. In the case of technical approach, BI is presented as a set of tools that support the process outlined by the management approach. The emphasis is given to the technology used, not to the process itself [10,11,12]. In the value-added approach, BI systems provide added value in the acquisition of competitive advantage [13] [14] [15].

In the current situation, the markets are mature and saturated, and exposed to fierce competition; companies are

forced to seek alternative ways to increase the value of their BI initiatives, being greater the effort to achieve PBI [16]. The focus will be disseminate BI across all areas of the business, and BI systems become part of business processes, with flexibility to adapt business changes and information needs [17].

There are various definitions of PBI, is the ability to deliver timely manner to all users, the integrated information in data warehouses (DW), providing the necessary visibility, knowledge, and facts for decision making in all business processes [18]; is the improvement of the capabilities of making strategic and operational decision of an organization, through the design and implementation of the organizational culture of business processes and technologies as a whole [19]; is BI across the organization, providing to all people, and at all levels of the organization the analyzes, alerts and feedback mechanisms [20].

The implementation of PBI in organizations is supported by applications that access the data in real time, supporting the actions of supply chain management (SCM), and the actions of customer's relationship management (CRM). The application of PBI is increased when the employees are on the front line contact with customers and can create new sales opportunities, up-sell and cross-sell [18]. The PBI aims to align all processes, to allow the delivery of relevant information to users who need support in decision making.

There are five key factors with great influence in the dissemination of BI [19]: quality of the BI project, level of training, prominence of regulation, non-executive involvement, and use a methodology of performance assessment. In the first key factor, the quality of the BI project, the expectations of users for the components of BI solutions are satisfied. The next key factors, the level of training, the users degree of satisfaction with the training in the use of BI tools and analytic techniques to improve the decision making is high. The third key factor, prominence of regulation, it focuses on the importance of regulation and policies regarding data in BI systems. The key factor non-executive involvement represents the involvement of non-executives in disseminating and promoting of the use of BI tools in the organization. The last key factor, using a methodology of performance assessment is focuses in the importance of using a formal methodology for assessing performance within the organization.

A company with BI systems can integrate powerful tools, monitoring system with various metrics, data integration, among other features, analysis, standardized reporting within a service-oriented architecture [21], and that is essential for a good business management, guiding managers for quality information, with the establishment of standards and procedures to ensure compliance with the objectives [22]. It is not guaranteed that a BI system will generate a return on investment, but an adequate and integrated BI, can create the competitive advantage necessary for organizations. Once identified business processes, must be identified key stakeholders, the roles, the system functional requirements, the information needed for reporting, analysis, and presentation delivery should be defined. Companies that have adopted BI systems can compete more effectively in the marketplace, with

additional information about their customers, suppliers, concurrence as well as a more efficient financial management. Then, companies should adopt a strategic and active behavior, adjusting strategies and becoming more competitive compared to competitors [23].

PBI is the operationalization of BI throughout the organization enabling BI systems reaches all levels of the organization, at the right time and with the necessary information.

III. ACHIEVE COMPETITIVE ADVANTAGE

We can understand competitive advantage as a core competence that will give to the organization a strong competitive position compared with the competition. An organizations achieves competitive advantage when offer a superior value to customers. The efforts made in search for a competitive advantage are consolidated in the company strategy [24].

Advanced information of the variables present in a scenario of a competitive environment has a high strategic value. If a company is able to anticipate favorable \ unfavorable situations for a particular scenario, then is possible develop an appropriate strategy for action. In this sense, investments in competitive intelligence are always very opportune [25].

Companies need to develop their own strategies to gain competitive advantage over its competitors. Any successful company has one or two functions it performs better than the competition (core competence). If a core competence of a company offers an advantage in the market over the long term, it is called the persistent competitive advantage. For a core competency reach this level will have to become difficult to imitation, single, persistent, higher than the competition, and applicable to many situations.

In today's world with a rapidly adaptive competition, none of these advantages can persist for a long term. The only way of competitive advantage to be truly sustainable is to build an organization so alert and agile that can always detect benefits, opportunities, and threats immediately, regardless of changes in the market, being fundamental the support provided by PBI systems.

We can see BI systems as a set of decision support systems (DSS) that allows decision makers to direct their actions according to the organization strategy. For DSS be successful, decision making process is critically dependent upon the availability high quality information integrated, organized and presented timely [26,27].

To create and maintain competitive advantage, companies need to adapt constantly, changing business processes to meet the needs and expectations of customers, suppliers, stakeholders and changes in the business environment "Fig. 1". To improve business processes, companies have to make the necessary changes, being necessary to redesign processes. In this context, managers need a method that allows them to determine timely a concise manner to do that, the processes that no longer meet the needs of the business and need to be redesigned. Enterprise systems support business processes, recording the nature of the operations that are performed, being

possible to build and understand the real models of existing business processes. Process Mining (PM) refers to the tools and techniques that allow the extraction of knowledge of available event logs in enterprise information systems. These techniques and tools provide new ways to discover, monitor and improve processes. The process mining assumes that it is possible to obtain the flow of activities for a process from execution logs of transactions made in information systems. The initial process mining techniques, allow achieving satisfactory results for well-structured processes, but failed in the case of unstructured or poorly defined processes, which lacked a strong dependency between activities [28]. The processes mapping is vital for companies who wish to align their processes with business strategy activity. The mapping of processes of a company, allows faithfully retract information flows, identify their weaknesses, existing inconsistencies, which support the flow of information (digital, physical). The objective of process mining is the extraction of information from the logs in order to capture the business process, in the way it was executed.

processing, deals with the ability to analyze large volumes of information in various perspectives within a DW. The OLAP also refers to the analytical tools used in BI for visualization of management information and supports the functions of the organizational business analysis. The tools include data mining (DM) and PM. DM is a set of methods and techniques for sorting through data to identify patterns and make relationships between the data. PM is a set of techniques and tools that allow the extraction of knowledge from the logs of events available in organizational the information systems. PM purpose is to log the information extraction to capture the business process manner that it runs. PBI technology and tools help end-users in decision make, providing accurate, current and timely information.

IV. CONCLUSION

The today's business environment and its complexity forces companies to be agile and proactive in relation to decision making processes [29], it is necessary to understand the information to track the history of sustainable future events, leading many organizations to adopt BI systems in its business processes [30]. Then, one of the keys of business strategy for creating competitive advantages is based on the understanding of the data that companies generate in its own business, and the information processing has gradually become the foundation for achieving competitive advantage, and organization has to believe that have the information needed at the right time [31]. BI systems and tools have a crucial role in decision making process, allowing collect, store, access and analyze organizational data in order to support and facilitate decision making [4]. BI tools have a number of advantages for businesses, emphasizing the reduction of the dispersion of information; improved access to information; real time information availability; flexibility and versatility in adapting to the reality of the company and usability useful in the decision making process [32].

PBI emerges from a natural evolution of the BI systems, with an application from the strategic level to the operational level. According Vessel, PBI is the improvement of the strategic and operational decision making capabilities in a organization through the design and implementation of it as a whole, including organizational culture, business processes, and technologies [19]. PBI aims to integrate and align all processes, to enable the delivery of relevant information which assists users in decision making process.

PBI allows decision makers to react in time, to the threats, problems, opportunities, supporting the creation \ maintaining competitive advantage. The only truly sustainable competitive advantage is to build an organization so alert and agile that can always detect benefits, opportunities, and threats immediately, regardless of changes in the market, being fundamental the support provided by PBI systems and tools.

In future research options our intention is to improve the framework and test it with ontology models.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Prometeo Project of SENESCYT (Ecuador) for financial support.

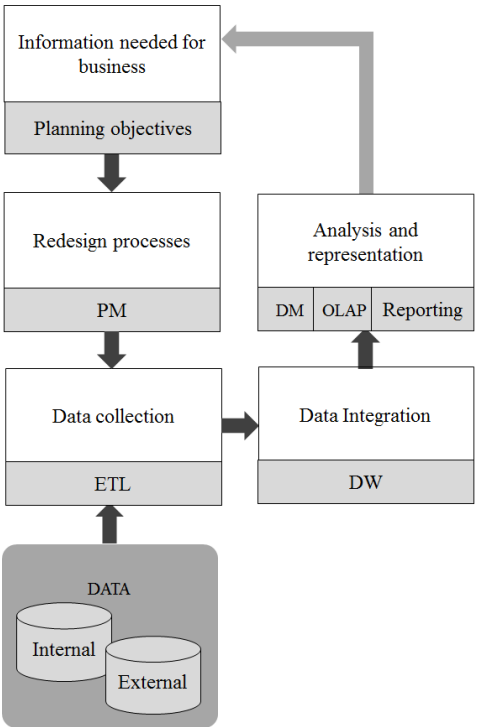


Figure 1. PBI framework.

The PBI include technologies and tools. The technologies include data warehousing (DW), and on-line analytical processing (OLAP). A DW is a relational database that is designed for query and analysis, is a repository for all the data that various organization business systems collect. The OLAP

REFERENCES

- [1] Xie, G., Yang, Y., Liu, S., Qiu, Z., Pan, Y., Zhou, X.: EIAW: towards a business-friendly data warehouse using semantic web technologies. *The Semantic Web*, 857-870 (2007)
- [2] Barbieri, C.: *Business Intelligence: Modelagem & Tecnologia*. Axcel Books (2001)
- [3] Stackowiak, R. ., Greenwald, R.: *Oracle Data Warehousing and Business Intelligence Solutions*. Wiley Publishing, Indianapolis (2007)
- [4] Aaker, D., Kumar, V., Day, G., Leone, R.: *Marketing Research*, 10th Edition. Wiley.com (2009)
- [5] Bucher, T., Gericke, A., Sigg, S.: Process-centric business intelligence. *Business Process Management Journal*, 408-429 (2009)
- [6] Cheng, H., Lu, Y. C., Sheu, C.: An ontology-based business intelligence application in a financial knowledge management system. *Expert Systems with Applications*, 3614-3622 (2009)
- [7] Bose, R.: Advanced analytics: opportunities and challenges. *Industrial Management & Data System*, 155-172 (2009)
- [8] Lim, A., Lee, C.-S.: Processing online analytics with classification and association rule mining. *Knowledge-Based Systems*, 248-255 (2010)
- [9] Palocsay, S. W., Markham, I. S., Markham, S. E.: Utilizing and teaching data tools in Excel for exploratory analysis. *Journal of Business Research*, 191-206 (2010)
- [10] Baars, H., Kemper, H. G.: Management Support with Structured and Unstructured Data: An Integrated Business Intelligence Framework. *Information Systems Management*, 132-148 (2008)
- [11] Sahay, B., Ranjan, J.: Real time business intelligence in supply chain analytics. *Information Management & Computer Security*, 28-48 (2008)
- [12] Chen, M. K., Wang, S. C.: The use of a hybrid fuzzy-Delphi-AHP approach to develop global business intelligence for information service firms. *Expert Systems with Applications*, 7394-7407 (2010)
- [13] Wang, H., Wang, S.: A knowledge management approach to data mining process for business intelligence. *Industrial Management & Data Systems*, 622-634 (2008)
- [14] Fleisher, C. S.: Using open source data in developing competitive and marketing intelligence. *European Journal of Marketing*, 852-866 (2008)
- [15] Davenport, T., Harris, J., Shapiro, J.: Competing on talent analytics. *Harvard Business Review*, 52-58 (2010)
- [16] Ortiz, S.: Taking Business Intelligence to the Masses. *Computer* 43, 12-15 (2010)
- [17] Rayner, N., Schlegel, K.: Maturity Model Overview for Business Intelligence and Performance Management., Gartner Inc. Research (2008)
- [18] Markarian, J., Brobst, S., Bedell, J.: *Critical Success Factors Deploying Pervasive BI*. Informatica, Teradata, MicroStrategy (2008)
- [19] Vesset, D., McDonough, B.: *Improving Organizational Performance Management Through*. IDC (2009)
- [20] Mittlender, D.: Pervasive Business Intelligence: Enhancing Key Performance Indicators. *DM Review* (2005)
- [21] Eckerson, W.: *Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business*. Wiley (2010)
- [22] Ranjan, J.: Business justification with business intelligence. *Vine*, 461-475 (2008)
- [23] Reeves, M., Deimler, M.: Strategies for winning in the current and post-recession environment. *Strategy and Leadership* 37, 10-17 (2009)
- [24] Potter, M., Paulino, L.: *Estratégias*. Circulo de Leitores (2014)
- [25] Porter, M.: *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Free Press, New York (1985)
- [26] Santos, M.F., Portela, F., Vilas-Boas, M., Machado, J., Abelha, A., Neves, J., Silva, A., Rua, F.: *A Pervasive Approach to a Real-Time Intelligent Decision Support System in Intensive Medicine*. CCIS - Communications in Computer and Information Science. Volume 272, 2013, pp 368-381. ISBN: 978-3-642-29763-2. Springer. (2012)
- [27] Chen, H., Chiang, R. H., Storey, V. C.: Business intelligence and analytics: From big data to big impact. *MIS Quarterly* 36 (4) (2012)
- [28] van der Aalst, W. M. P., Giinther, C.: Finding structure in unstructured processes: The case for process mining. In : *Application of Concurrency to System Design, 2007. ACSD 2007. Seventh International Conference on*, Washington, pp.3-12 (2007)
- [29] Bocij, P., Greasley, A., Hickie, S.: *Business information systems: Technology, development and management*. Ft Press (2009)
- [30] Marjanovic, O.: The next stage of operational business intelligence: Creating new challenges for business process management. In : *System Sciences, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on*, p.215 (2007)
- [31] Palmer, A. .: *The Business and Marketing Environment*. McGraw-Hill, London, UK (2000)
- [32] Lönnqvist, A., Pirttimäki, V.: The Measurement of Business Intelligence. *Information Systems Management*, 32-40 (2006)

Análisis de la accesibilidad con enfoque semántico de un portal de servicios académicos para nivel universitario.

Web accessibility analysis with semantic approach of the academic services web portal to university level.

Verónica Segarra-Faggioni – María Belén Mora Arciniegas – Gladys Tenesaca Luna
Departamento de Ciencias de la Computación y Electrónica
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
vasegarra@utpl.edu.ec, mbmora@utpl.edu.ec, gtenesaca@utpl.edu.ec

Resumen — Con la finalidad de potenciar el acceso a la web, la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), pionera en educación a distancia en el Ecuador y América Latina, y comprometida con una educación inclusiva de calidad, debe garantizar el cumplimiento de los estándares de accesibilidad web en su portal institucional. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el portal de servicios académicos de la UTPL verificando el cumplimiento de las directrices de accesibilidad web establecidos por el contenido de Word Wide Web Consortium en la recomendación WCAG 2.0. Como una contribución a la mejora de las condiciones y calidad de vida, a partir del análisis de accesibilidad, se presentarán las oportunidades de mejora para proporcionar un portal web accesible para todos los usuarios y para las máquinas mediante el uso de tecnologías semánticas.

Palabras Clave - accesibilidad web; portales web universitarios; WCAG, Web Semántica.

Abstract — In order to enhance access to the web, Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), as a pioneer in distance learning in Ecuador and Latin America, and it committed with an inclusive quality education, it must ensure compliance with web accessibility standards on its institutional web portal. This work aims at evaluating UTPL's academic services web portal by checking compliance with web accessibility guidelines set by the content Word Wide Web Consortium at the recommendation WCAG 2.0. As a contribution to improving the conditions and quality of life, based on the analysis of accessibility, the improvement opportunities will be presented to provide an accessible web portal for all users and machines using semantic technologies.

Keywords - web accessibility; university web portals; WCAG, Semantic Web.

I. INTRODUCCIÓN

La accesibilidad es una condición necesaria y garantía de un mejor diseño para todos, logrando la participación en la web de un mayor número de personas con distintas limitaciones funcionales [2].

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) es pionera en educación a distancia en el Ecuador y América Latina, actualmente cuenta con alrededor de 32.244 estudiantes que comprenden a nivel nacional y en los tres centros universitarios de Madrid, Roma y Nueva York. De acuerdo a las estadísticas del área de Inclusión Universitaria de la Dirección de Estudiantes UTPL tanto en modalidad presencial y a distancia existen 742 estudiantes con algún tipo de discapacidad.

Por consiguiente, la Universidad Técnica Particular de Loja comprometida con una educación inclusiva, debe garantizar el acceso a las personas con discapacidad al entorno físico, al transporte, los sistemas y tecnologías de información, en cumplimiento a la Ley Orgánica de Discapacidad [1] que establece en el “artículo 65.- Atención prioritaria en portales web, establece que las instituciones públicas y privadas que prestan servicios públicos, incluirán en sus portales web, un enlace de acceso para las personas con discapacidad, de manera que accedan a información y atención especializada y prioritaria, en los términos que establezca el reglamento”. Además, para alcanzar el acceso universal en el portal web institucional se debe cumplir con los estándares de accesibilidad web; y la Norma INEN-ISO/IEC40500 W3C [8], que entrarán en vigencia el 8 de agosto 2016 en el Ecuador.

A partir de lo expuesto, el presente trabajo de investigación está orientado a evaluar el portal de servicios académicos de la UTPL para determinar el grado de cumplimiento de los criterios de conformidad WCAG 2.0 de los niveles A y AA, con el propósito de asegurar que la información o servicios entregados a través de sitios web estén disponibles y puedan ser utilizados por un mayor número de usuarios posibles, beneficiándose de una educación inclusiva.

Al finalizar los resultados que se establezcan, indicarán la importancia de tener una web accesible centrado al usuario y centrado en las máquinas, mediante el uso de tecnologías semánticas, consiguiendo mejoras sustanciales en la accesibilidad.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Accesibilidad web

Según el creador del World Wide Web (WWW), Tim Berners-Lee, "el poder de la Web está en su universalidad. El acceso de todos, independientemente de la discapacidad, es un aspecto esencial" [6].

La accesibilidad web permite a cualquier usuario tener un acceso universal a la web independientemente de sus capacidades como usuario, del tipo de hardware, software, infraestructura de red, idioma, cultura, o localización geográfica [6]. Es decir, la accesibilidad web brinda la misma oportunidad de acceder a la información a las personas con discapacidad, para integrarse plenamente a la sociedad y a la vez utilizar los servicios y beneficios de la misma.

Por lo consiguiente, dentro del marco legal del Ecuador se considera a la accesibilidad Web como base para la inclusión de las personas con discapacidad al acceso a la información sin discriminarse las condiciones físicas, sensoriales o cognitivas que presenten los usuarios [11].

B. Pautas de accesibilidad al contenido en la web (WCAG)

La Iniciativa para la Accesibilidad Web (siglas en inglés WAI) de W3C, ha definido Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) 2.0 para crear contenido Web más accesible [13]. Son cuatro principios generales que se basan en estas recomendaciones y que deben ser cumplidos por un sitio web accesible: perceptible, operable, comprensible y robusto. Cada uno de los principios tiene asociada pautas y éstas unos criterios de conformidad verificables, siendo un total de 12 pautas que permiten a los autores y evaluadores comprender los criterios de conformidad como una base para crear o revisar páginas web [12]. Además, las pautas de accesibilidad están centradas en principios más que en técnicas; esto permite que las pautas sigan siendo relevantes incluso cuando la tecnología cambie [6].

Los criterios de conformidad están clasificados en los siguientes niveles de conformidad:

- Nivel A: es el nivel más bajo, cuando la página web satisface todos los criterios de conformidad de este nivel se proporciona una versión alternativa conforme.
- Nivel AA: al satisfacer la página web todos los criterios de conformidad de nivel A y AA, se proporciona una versión alternativa conforme al nivel AA.
- Nivel AAA: la página web satisface todos los criterios de conformidad de nivel A, AA y AAA, o se proporciona una versión alternativa conforme al nivel AAA. [12]

Finalmente, se debe considerar que al apoyarse en estas pautas se crea un contenido accesible para un mayor número de personas con capacidades especiales, incluyendo ceguera y baja visión, deficiencias auditivas, deficiencias del aprendizaje, limitaciones cognitivas, limitaciones de la movilidad, deficiencias del habla, fotosensibilidad y combinaciones de las anteriores [12].

C. Herramientas de análisis automático de accesibilidad web

El análisis de accesibilidad web de un sitio se lo puede realizar mediante una revisión manual y una revisión automática.

Las herramientas de análisis automático de accesibilidad web son programas de software o servicios en línea, que realizan una inspección automática para ayudar a determinar si un portal web satisface las guías de accesibilidad web [7].

Entre las herramientas que facilitan la medición de los niveles de accesibilidad de acuerdo con el estándar WCAG 2.0 se destacan [14]:

- Examinator (Evaluación WCAG 2.0) www.examinator.ws
- Achecker (Evaluación WCAG 2.0, HTML y CSS) www.achecker.ca
- TAW (Evaluación WCAG 2.0 beta) www.tawdis.net
- Tingtun Accessibility Checker (Evaluación WCAG 2.0) <http://checkers.eiii.eu/en/pagecheck/>
- Validador de gramática HTML <http://validator.w3.org/>
- Validador de gramática CSS <http://jigsaw.w3.org/css-validator/>

Es importante mencionar que existen ventajas que brindan las herramientas de validación automática, entre ellas está la rapidez de funcionamiento, además permiten revisar varios aspectos a la vez. Por otro lado, la interpretación de los resultados del análisis puede ser compleja, y muchos aspectos de la accesibilidad sólo pueden verificarse mediante una revisión manual complementaria [7].

También existen herramientas que facilitan la evaluación manual de diferentes factores que afectan a la accesibilidad, que aunque requieren un mayor esfuerzo por parte de los evaluadores, arrojan unos resultados más precisos. Son herramientas que permiten desactivar JavaScript, desactivar imágenes, desactivar hojas de estilo CSS, examinar el contraste de color, examinar encabezados, comprobar parpadeo de imágenes, validar el formato HTML, o validar las hojas de estilo CSS [7].

Por último, al momento de evaluar una páginas web, es necesario tomar en consideración un posible usuario con capacidades especiales que utilice ayudas técnicas (como un lector de pantalla) o navegadores web específicos (como un navegador de sólo texto), y comprobar las posibles dificultades que pueda ofrecer la página al utilizar tales herramientas. [12]

D. Web Semántica

La Web Semántica es una Web de Datos nombrada de esta forma por la W3C y basada en el aporte y visión de Tim Berners Lee impulsor de la Web. Dotada de mayor significado para representar los recursos, permite dar solución a problemas comunes de búsqueda de información, dando al usuario respuestas precisas de lo que requiere, mediante el uso de tecnologías especializadas en semántica.

La Web Semántica es una propuesta que permite organizar intercambiar e información en un medio universal de acceso llamados metadatos. En [4] “Web semántica se encarga de definir el significado de las palabras y facilitar que un contenido web contenga un significado adicional que va allá del propio significado textual de dicho contenido”.

La información disponible en la Web es infinita y se encuentra en diferentes formatos no estructurados y poco accesibles para quienes desean utilizarla. Es así que, la Web Semántica, ha permitido mejorar el acceso a esta información mediante el procesamiento de los datos en formatos que sean entendibles para las máquinas y lenguajes formales creados específicamente para presentar el significado de la información de tal manera que las máquinas puedan entender el conocimiento que procesan, identificar las necesidades y sobre todo emitir resultados mediante aplicación de reglas lógicas.

Tener una Web accesible es de vital importancia y apoyo para disponer de servicios web y recursos para personas con discapacidades. La Web Semántica aporta a que esta tarea se pueda lograr debido a que las máquinas procesaran datos en formatos con significado e interoperables de manera que la búsquedas sean más adecuadas y mejore la inclusión de personas con capacidades diferentes generando mayor participación y colaboración a través de la web de acuerdo a las necesidades del usuario.

E. Tecnologías semánticas para mejorar la accesibilidad

La Web Semántica ha desarrollado varias tecnologías para la transformación de datos a formatos estandarizados y lenguajes formales que apoyen la interoperabilidad de los datos, es decir, convertirlos en metadatos accesibles que describan claramente el significado de la información. Al añadir metadatos con información semántica a las páginas web, permite describir el contenido, su significado y la relación que guarda un dato con otros [6].

Una de las tecnologías semánticas que recomienda la W3C es XML (Extensible Markup Language), el cual permite definir los datos a nivel sintáctico, así como su aplicación para la mejora de la accesibilidad Web, mediante un conjunto de reglas para determinar etiquetas semánticas que organice un

documento en diferentes partes. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones debido a su representación sintáctica, lo cual ocasiona conflicto en cuanto al verdadero significado de los datos o datos que compartan el mismo significado.

Para resolver el problema de significados, la Web Semántica proporciona el lenguaje RDF (Resource Description Framework) basado en XML, definido como un estándar para la representación de datos que nos permite el intercambio de éstos en la Web [5]. RDF ha sido diseñado para representar cada elemento en se descompone la información con un significado único. A la vez permite la vinculación con otras fuentes o recursos de información, enlazando documentos mediante el uso de vocabularios comunes, lo que facilita formar una red de datos vinculada e interoperable [10]. El lenguaje RDF interpreta la información descompuesta mediante partes, representadas por sentencias que contienen sujeto–predicado–objeto, conocidas como tripletas. El sujeto y el objeto son nombres para denotar un recurso y el predicado es la relación entre éstos recursos. Este modelo de datos representado por tripletas las cuales poseen una URI (Uniform Resource Identifiers) de cada objeto o recurso, el cual es único para ser representados en la Web. Trabajar con datos en formatos RDF permite mejorar la accesibilidad Web de personas con problemas de discapacidad, debido a que es posible asociar múltiples alternativas de contenido según la necesidad de usuarios con capacidades especiales [9]. El lenguaje permite mejorar la accesibilidad Web mediante anotaciones semánticas, característica que permite realizarla RDF, por medio de la identificación formal y precisa de los recursos, lo que facilita a las máquinas el trabajo de diferenciar información relevante o no relevante, de esta manera se describirá de forma clara las partes de los contenidos y hará que la información sea accesible para personas con discapacidades.

Otra de las tecnológicas relacionas a RDF es RDFa, la cual tiene implicaciones en la accesibilidad, debido a que incorpora descripciones a la información contenida en una página web para que su utilización posterior sea más eficiente [6]. RDFa tiene la ventaja que puede ser empleado por el software que emplean las personas discapacitadas, facilitando la navegación debido a que permite añadir información relevante al contenido de las páginas Web.

La Web Semántica se basa en el lenguaje de ontologías para entender y relacionar una serie de patrones de tal manera que las máquinas tendrán la capacidad de entendimiento, de mezclar, de traducir los verdaderos intereses y acceder a la información de manera confiable, lo que hace de las ontologías una de las tecnologías y medios más importantes para mejorar el acceso Web a personas con discapacidad. Una ontología es empleada como un vocabulario de términos consensuados que describen conceptos y relaciones de un dominio de conocimiento [3]. Estos vocabularios aportan a las descripciones del modelo de datos de RDF mediante el uso y reuso de los vocabularios definidos, de tal forma que la accesibilidad y recuperación de los contenidos sea mucho más ágil y precisa, lo que permite que la interoperabilidad entre los datos sea más fluida y los usuarios puedan tener información de acuerdo a sus necesidad y limitaciones.

III. METODOLOGÍA

A. Sitio a evaluar

Considerando que UTPL debe ofrecer una educación inclusiva, y por la diversidad de estudiantes que posee en sus dos modalidades de estudio; se ha seleccionado el sitio de servicios académicos para evaluar su cumplimiento con lineamientos internacionales de accesibilidad, con el fin de que los estudiantes con capacidades especiales puedan hacer uso de sus servicios así también facilitarles el proceso de gestión de matrícula.

En Fig. 1 se presenta el portal de ingreso de los estudiantes de UTPL para gestión de servicios académicos.



Figure 1. Portal de ingreso a servicios académicos en línea (<https://srv-si-001.utpl.edu.ec/SAO/Login.aspx?>)

En Fig. 2 se visualiza el portal de servicios académicos que tienen acceso los estudiantes para realizar la gestión de matrícula, consulta de notas, y gestión de becas.



Figure 2. Servicios académicos en línea (<https://srv-si-001.utpl.edu.ec/SAO/FrontEnd.aspx?>)

B. Herramientas de análisis

En base a los criterios de selección presentado en [6] y en los requerimientos de análisis de accesibilidad de contenido web, el objetivo direccional de esta investigación es determinar resultados de factibilidad de uso del portal de servicios académicos de la UTPL mediante herramientas de evaluación de accesibilidad que se menciona a continuación:

TAW (Test de accesibilidad Web) es una herramienta de evaluación automática de la accesibilidad web en la que genera un informe de salida que muestra un resultado de análisis que especifica los problemas encontrados, inconformidades detectadas, advertencias según las pautas de accesibilidad al contenido web.

AChecker (Web Accessibility Checker) esta herramienta permite evaluar las páginas HTML que tengan conformidad con las normas de accesibilidad garantizando el acceso a todos los usuarios al contenido web.

WAVE (Herramienta de Evaluación de Accesibilidad Web) herramienta en línea que revisa el contenido de una página web, presenta el resultado sobre la propia página.

C. Evaluación de accesibilidad utilizando herramientas de análisis.

El sitio de servicios académicos de la UTPL ha sido evaluado utilizando las cuatro herramientas de análisis automático: TAW, WAVE, Achecker, Tingtun Accessibility Checker. Estas herramientas se utilizan en línea y facilitan la validación del nivel de cumplimiento de las pautas de accesibilidad al Contenido en la WCAG 2.0 indicando el URL del sitio a verificar.

Al evaluar con Achecker, ingresamos el URL del sitio de servicios académicos para verificar la conformidad con las normas de accesibilidad, se configura el nivel a evaluar, en este caso se validará el cumplimiento de WCAG 2.0 – nivel AA que son los exigibles (ver Fig. 3); finalmente, se presenta como resultado los criterios que no se cumplen.

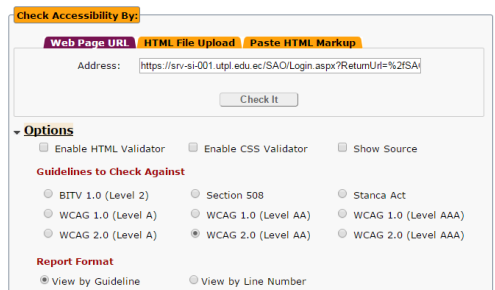


Figure 3. Web Accessibility Checker

De igual manera, utilizando TAW se configura el análisis para los niveles de conformidad A y AA. Esta herramienta en el resultado reporta: el número de errores, advertencias y elementos no verificados para cada uno de los principios (ver Fig. 4).



Figure 4. Test de accesibilidad Web

En la Fig. 5, se presenta el resultado del análisis con Tingtun Accessibility Checker, donde se visualiza los criterios que no se cumplen con su respectiva información.

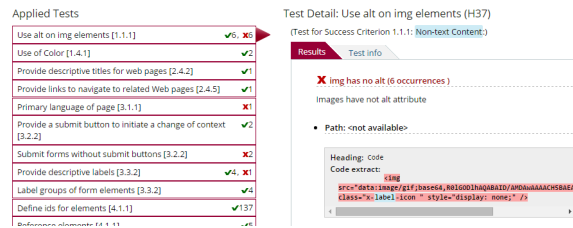


Figure 5. Tingtun Accessibility Checker

Adicionalmente se analizó el sitio de servicios académicos con WAVE, esta herramienta presenta en las páginas los errores de accesibilidad detectados (ver Fig. 6).



Figure 6. Herramienta de Evaluación de Accesibilidad Web

IV. RESULTADOS

Se realizó una revisión del nivel de accesibilidad del portal de servicios académicos en línea de la UTPL a través del grado de cumplimiento de un conjunto de criterios y parámetros definidos en el marco de la accesibilidad web.

En la Tabla I se muestra los criterios de las pautas de accesibilidad que no se cumplen en relación a las WCAG 2.0 nivel AA con sus respectivas observaciones y las herramientas de análisis automático con las que se detectaron. Son 38 criterios de conformidad WCAG 2.0 evaluados, de los cuales 16 criterios no se cumplen.

TABLE I. RESULTADOS DE EVALUACIÓN CON HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS

Nivel	Criterio de conformidad	Observaciones	Detectado con			
			Achecker	Tingintun Accessibility Checker	WAVE	TAW
A	1.1.1 Contenido no textual:	Existen elementos de formulario que no tienen etiquetas (atributo <label>) asociadas.	x	x	x	x
A	1.3.1 Información y relaciones:	Existen elementos de formulario que no tienen etiquetas (<label>) asociadas y no pueden ser identificados por el contexto.	x		x	x
A	1.4.1 Uso del color	Algunos enlaces mostrados al usuario no aparecen subrayados y deberían estarlo, de manera que sean distinguibles más allá de su color.	x	x		
A	2.1.1 Teclado	No existen manejadores de eventos de ratón que no tengan correspondencia con manejadores de teclado, lo que posibilita que la funcionalidad sea operable a través de este periférico.	x		x	
A	2.4.1 Evitar bloques	No se observan mecanismos para evitar bloques de contenido redundantes.	x			
A	2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	Los enlaces de ayuda, inicio (definido sobre una imagen) no tiene texto en su interior.	x		x	x
A	3.1.1 Idioma de la página	Carece de los atributos de idioma (atributo <lang>) que indican el lenguaje del mismo.	x	x	x	x
A	3.2.2 Al recibir entradas	No tienen botón de "Submit"		x		x
A	3.3.2 Etiquetas o instrucciones	Existen elementos de formulario (captación de datos) que no tienen etiquetas (<label>) asociadas	x	x	x	
A	4.1.1 Procesamiento	Existen identificadores de elementos que no son únicos.				x
A	4.1.2 Nombre, función, valor	Existen elementos de formulario (captación de datos) que no tienen etiquetas (<label>) asociadas ni título (atributo "title").		x		x
AA	1.4.3 Contraste (mínimo)	El contraste existente entre el color del texto y el del fondo no satisface	x			

		el rango o relación requerido.				
AA	1.4.4 Cambio de tamaño del texto	Utilización de medidas absolutas en elementos de bloque.				x
AA	1.4.5 Imágenes de texto	Utilización de tamaños de fuente absolutos.				x
AA	2.4.6 Encabezados y etiquetas	Hay controles de formulario que no tienen etiquetas asociadas.			x	
AA	3.1.2 Idioma de las partes	Cambios en el idioma.				x

En la tabla II se muestra un resumen de los criterios de conformidad que no cumplen con WCAG2.0 clasificados según los principios correspondientes y nivel.

TABLE II. RESUMEN DE INCUMPLIMIENTO DE CRITERIOS DE CONFORMIDAD WCAG2.0

Niveles	Criterio de Conformidad	Principio
A	1.1 Textos alternativos	Perceptible
A	1.3 Adaptable	
A – AA	1.4 Distinguible	Operable
A	2.1 Accesible por teclado	
A – AA	2.4 Navegable	Comprensible
A – AA	3.1 Legible	
A	3.2 Predecible	
A	3.3 Introducción de datos asistida	Robusto
A	4.1. Compatible	

Para conocer el nivel de cumplimiento del sitio web se tomó como referencia el estudio por Discapnet [2] que clasifica los resultados del análisis técnico de accesibilidad de acuerdo con el grado de cumplimiento de los criterios de accesibilidad. En la tabla III se presentan los márgenes para los porcentajes de éxito de acuerdo al cumplimiento de los requisitos de accesibilidad.

Del estudio realizado se identificó que son 16 criterios de accesibilidad que no se cumplen, por lo tanto, el sitio web analizado tiene el 57.89% cumplimiento de los criterios de accesibilidad, lo que corresponde a que está en un nivel de accesibilidad moderado.

TABLE III. NIVEL DE ACCESIBILIDAD

Nivel de accesibilidad	Cumplimiento de requisito de accesibilidad	Observación
Alto	70% al 100%	Cumplimiento de casi la totalidad de los criterios basados en la WCAG 2.0
Moderado	70% al 50%	Cumplimiento no es tan notable.
Deficiente	50% al 25%	Se presentan bastantes dificultades y barreras de acceso a los contenidos para las personas con discapacidad.

V. CONCLUSIONES

La accesibilidad web hoy en día es un factor muy importante respecto al desarrollo de acceso universal a la Web, tiene por objeto mejorar la usabilidad de la información para cualquier persona que tenga facultades debidas así como también personas que se encuentren bajo circunstancias externas que garantice la facilidad de acceso equitativo y

beneficien a organizaciones y a personas con capacidades especiales, que el diseño de las páginas sea accesible, reduzca las barreras de acceso a la información y elimine una brecha digital a los usuarios.

En la web semántica, las ontologías representan un papel de esquema conceptual consensado de un dominio de conocimientos con la idea de que los datos puedan ser utilizados y comprendidos por los usuarios que puedan representarla, encontrarla y gestionarla como si los ordenadores sean inteligentes. Con el uso de esta tecnología semántica en la accesibilidad web permitirá a los sitios web especificar concretamente que los elementos como encabezados, diccionarios, entre otros aparezcan en una página web de forma semiautomática, además que, los analizadores Web para invidentes sean capaces de interpretar estos ítems y entender con facilidad.

En el caso de estudio realizado para el portal de Universidad Técnica Particular de Loja podemos sugerir la corrección de los errores encontrados como ausencia de propiedades de cumplimiento con las guías de accesibilidad web, además de las soluciones técnicas propuestas para mejorar la accesibilidad y considerar aplicar módulos semánticos a contenido web garantizado el acceso por medio de teclado y mejorando la participación para colaborar a través de la web tomando en cuenta que el contenido que se comparte es académico.

Los resultados obtenidos nos permiten sugerir que el portal de servicios académico de UTPL debería incorporar guías de accesibilidad Web y valide los estándares con aplicación de herramientas de análisis de accesibilidad con el fin de ofrecer una educación inclusiva.

Las herramientas de análisis de accesibilidad web como TAW, Achecker, WAVE, Tingtun Accessibility Checker son herramientas que determinan patrones e indicadores de accesibilidad eficiente en acceso web que pueden ser utilizados en los diferentes portales como un medio de verificación, validación y garantía de acceso a todas las personas que deseen interpretar su contenido, investigar, identificar o implementar herramientas con tecnología semántica.

Con esta investigación se deja apertura en realizar un trabajo futuro en análisis e implementación de cada una de las metodologías, técnicas y herramientas semánticas de mejora de accesibilidad por ende de servicios que debería brindar un portal universitario a personas con capacidades especiales y que faciliten su usabilidad y acceso universal a la web.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Asamblea Nacional, "Ley Orgánica de Discapacidades," Registro Oficial, Quito, Ley Orgánica Año IV No.796, Aug. 2012. [en línea]. http://www.conadis.gob.ec/index.php?option=com_content
- [2] Discapnet (2010). Accesibilidad de Portales web Universitarios [en línea]. Madrid. Disponible en Internet http://www.dicapnet.es/Castellano/areastematicas/Accesibilidad/Observatorio_infoaccesibilidad/informesInfoaccesibilidad/Paginas/AccessibilidaddePortalesWebUniversitarios.aspx [último acceso: 04-02-2016].
- [3] Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- [4] Küster, I & Hernández, A. De la Web 2.0 ala Web 3.0: antecedentes y consecuencias de la actitud e intención de uso de las redes sociales en la web semántica. *Universia Business Review*, nº 37, pp. 104-119, 2013
- [5] Kouroupetroglou, C., Salampassis, M., & Manitsaris, A. (2006, May). A semantic-web based framework for developing applications to improve accessibility in the www. In *Proceedings of the 2006 international cross-disciplinary workshop on Web accessibility (W4A): Building the mobile web: rediscovering accessibility?* (pp. 98-108). ACM.
- [6] Luján- Mora, S. (2013, Aug.) Universidad de Alicante - Accesibilidad Web - Evaluación de la accesibilidad web. [en línea]. <http://accesibilidadweb.dlsi.ua.es/>
- [7] Navarrete, R., & Luján, S. (2014). Accesibilidad web en las Universidades del Ecuador. Análisis preliminar. *Revista EPN*, 33.
- [8] Normalización, S. (2016). Servicio Ecuatoriano de Normalización | Ecuador. [en línea] [Normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec). Available at: <http://www.normalizacion.gob.ec/> [Último acceso 31 Mar. 2016].
- [9] Piedra, N., Chicaiza, J., López, J., Cadme, E., Torres, D., Cabrera, M. C., ... & Ramírez, R. (2012). Estado del arte sobre tecnologías de la Web Social y Web Semántica para la mejora de accesibilidad en educación superior. In *Actas del IV Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas* (pp. 77-91).
- [10] Resource Description Framework (RDF) (2012). <http://www.w3.org/RDF>
- [11] Restrepo, F. A., Nubia González, B., Cárdenas, A., Bedoya, C., Preciado, Y., Karhu, M., ... Miñán, A. (2012). Análisis de accesibilidad en Educación Superior para personas con discapacidad. *Actas Del IV Congreso Internacional ATICA 2012*, 21-29.
- [12] Sangilbert, D., Hilera, J. R., & Vilar, E. T. (2013). Análisis de un caso de multi-evaluación de una página web según WCAG 2.0. *Actas Del V Congreso Internacional ATICA 2013*, 99-106.
- [13] Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0. World Wide Web Consortium, 2008. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/WCAG20/>
- [14] W3C (2014, December) Complete List of Web Accessibility Evaluation Tools. [en línea] <https://www.w3.org/WAI/ER/tools/>

PCS, sistema de gestión y aprendizaje para su control

PCS, management and learning system to its control

Manuel Pérez Cota; Roberto Barcala Furelos, Miguel
Ramón González Castro; María Teresa Hermo
González; Antonio Rodríguez Nuñez
Universidade de Vigo, Vigo, España

mpcota@uvigo.es; roberto.barcala@uvigo.es;
miguelrgc@telefonica.net;
enfermeriamayte@uvigo.es;
AntonioRodriguezNunez@sergas.es

Resumen — El PCS, Paro Cardíaco Súbito es una de las principales razones de muerte en Europa (Perkins et al. 2015). Una de las cosas más importantes que una persona debería saber es cómo aplicar técnicas de recuperación. Existen dispositivos que permiten enseñar cómo aplicar estas técnicas. Este documento explica la forma en que un grupo mixto de investigadores están creando un nuevo dispositivo que permita obtener nuevas señales, y técnicas para aprender cómo aplicar correctamente la manera de recuperar a una persona.

Palabras Clave – SCA; PCS, Técnicas de recuperación; Sistemas de enseñanza; Usabilidad.

Abstract — Sudden Cardiac Arrest (PCS, Paro Cardíaco Súbito) is one of the principal death reasons in Europe (Perkins et al. 2015). One of the most important things that a person should know it should be how to apply recovering techniques. It exist devices that permit to teach how to apply these techniques. This paper explain how a mixed group of researchers are creating a new device that will permit to obtain new signals and techniques to learn how to apply correctly the way to recover a people.

Keywords – SCA; PCS; Recovering Techniques; Teaching Systems; Usability.

I. INTRODUCCIÓN

El paro cardíaco súbito (PCS) es una de las principales causas de muerte en Europa (Perkins et al., 2015). Dependiendo de la definición del paro cardíaco, entre 350.000-700.000 personas fallecen cada año por este evento (Gräsner & Bossaert, 2013). En muchas ocasiones el paro cardíaco súbito es la primera manifestación de enfermedad cardíaca (Perk et al., 2012).

El éxito de la reanimación cardiopulmonar (RCP) depende de diversos factores, siendo uno de los factores identificados como vitales, la aplicación de una reanimación de calidad (Bohn et al., 2011) y en esta dirección las recomendaciones de las sociedades científicas se encaminan a usar mecanismos que provean feedback para mejorar las habilidades relacionadas con la RCP (Monsieurs et al., 2015; Nolan et al., 2010; Perkins et al., 2015).

La importancia de desarrollar sistemas que sean usables, es decir, que los estudiantes y profesorado puedan aprender con ellos con más facilidad, eficacia y, obteniendo, además las prestaciones que ellos desean, se puede llevar a cabo poniendo

a trabajar juntos a equipos de personas que, en cada uno de sus ámbitos, pueden aportar algo que permita desarrollar los dispositivos que interesa.

En este documento, se explica la forma en que se está construyendo un nuevo prototipo de sistema de aprendizaje de reanimación cardíaca, de forma que, tanto los estudiantes como sus profesores puedan recibir una realimentación adecuada del trabajo que están realizando, es decir, que reciban información de cómo están realizando la reanimación, sus tiempos, signos, prestaciones etc., de forma que el estudiante aprenda como aplicar las técnicas y el profesor vea si el estudiante realmente está realizando el trabajo correctamente, no solo con lo que observa, sino con datos objetivos del trabajo que el estudiante está realizando.

II. ESTADO DEL ARTE

A. Realimentación (Feedback)

Existe una abundante literatura sobre la importancia del feedback y la influencia de los escenarios de simulación en la calidad de la reanimación y en el retorno de la circulación espontánea tanto intra como extra hospitalaria (Bentley J. Bobrow et al., 2013; Edelson et al., 2008; Wayne & McGaghie, 2010).

Por convenio, las principales sociedades científicas, American Heart Association (AHA) y European Resuscitation Council han asumido que en la RCP básica, deben realizarse compresiones a un ritmo entre 100 y 120, con una profundidad de al menos 50 mm, con la colocación de las manos en el centro del pecho y la reexpansión completa tras la compresión. Otro factor con implicación en la calidad es la minimización de las interrupciones en las compresiones. En cuanto a las ventilaciones se recomienda un flujo de entre 500 y 600 ml y seguir una secuencia de 2 ventilaciones por cada 30 compresiones para adultos, 2 ventilaciones por cada 15 compresiones en niños y lactantes (Monsieurs et al., 2015; Neumar et al., 2015; Nolan et al., 2010).

B. Sistemas usables

Para lograr una mejor práctica en la clínica con pacientes reales, se ha reportado como útil y necesario la creación de

escenarios simulados que puedan proveer Feedback (Kirkbright et al., 2014; Krasteva, Jekova, & Didon, 2011; Smart, Kranz, Carmona, Lindner, & Newton, 2015), auto instrucciones (B.J. Bobrow et al., 2011; Potts & Lynch, 2006) y competition (Smart et al., 2015; MacKinnon et al., 2015).

En los últimos años están proliferando los mecanismos que proveen feedback en tiempo real, del tipo Q-CPR de Philips o el CPREz que han conseguido muy buenos resultados en la mejora de la RCP (Recuperación CardioPulmonar) (Yeung, Davies, Gao, & Perkins, 2014) y los maniqués de simulación a menudo son usados para diseñar escenarios de entrenamiento y mejorar las habilidades. En la actualidad existen pocos modelos en el mercado que puedan medir cuantitativamente la calidad de la reanimación y generar un informe de calidad. En la literatura científica el modelo más repetido es el Laerdal Resusci Anne (Laerdal, Noruega). Sin embargo, en base a nuestro conocimiento, todavía existen muchas limitaciones y factores importantes que a día de hoy no se encuentran en ningún dispositivo para el aprendizaje y entrenamiento de la RCP básica.

III. NUEVO MODELO Y NOVEDADES

Uno de los objetivos de la reanimación cardiopulmonar es tratar de mantener en la víctima una perfusión mínima de los órganos esenciales, el cerebro y el corazón. Para ello es preciso generar desde el principio y del modo más continuado un gasto cardíaco que sea suficiente para mantener la viabilidad de los órganos hasta que se recupere la circulación espontánea o se apliquen medidas de soporte circulatorio extracorpóreo. Existen evidencias clínicas de que la calidad de las compresiones torácicas, incluso cuando son realizadas por expertos, es de baja calidad, de modo que el gasto cardíaco generado es insuficiente. Por ello, sería muy interesante diseñar nuevos modelos que permitan un entrenamiento efectivo de las maniobras de reanimación cardiopulmonar, incluyendo la monitorización de un factor clave como el gasto cardíaco, además de otros ya disponibles como la profundidad de las compresiones, la descompresión y la frecuencia de compresiones. Sería ideal que el nuevo dispositivo ofreciera al reanimador una información visual y compresión a compresión (o latido a latido) del volumen sistólico generado, el relleno del corazón en diástole y el gasto cardíaco que se generaría en un paciente real.

Otro factor importante es que genere autoinstrucciones verbales, tal y como reporta la literatura científica (B.J. Bobrow et al., 2011; Potts & Lynch, 2006) y algo que en la actualidad no está disponible en los modelos existentes en el mercado.

De hecho uno de los factores que más afecta al buen comportamiento de los usuarios, puede ser la obtención de información que no está completa o que está sesgada por medidas que aportan parte del comportamiento del sujeto, pero que solo son bien utilizadas si el profesor interpreta lo que obtiene en los gráficos y lo que ve que hace el alumno. En un experimento simple, los miembros expertos del grupo, enseñaron a los legos la forma de realizar la reanimación, sin embargo, en el momento de realizarla, lo que aparentemente

estaba correcto no lo era, aunque las medidas recibidas en las pantallas así lo indicaran; esto, como ejemplo se ha evidenciado entre los tecnólogos y los clínicos del grupo de investigación, cuando estos últimos explicaron a los primeros la forma de realizar la reanimación. Fue la experiencia de los expertos la que hizo ver a los legos los problemas. Esto mismo permitió que se entendiera claramente qué es lo que se desea obtener del nuevo prototipo.

A. Novedades

La competición es un factor motivador para los equipos de emergencias. La creación de un registro (del tipo de videojuego) que pueda estar en red y competir contra otros equipos de emergencias, en diversas partes del mundo, podría ser un factor que mejorase la adherencia al entrenamiento. Lo que se pretende, en este caso, es poder hacer que el estudiante se sienta con una presión, al menos similar, a la que tendría cuando se encuentre con un caso real de resucitación.

La modificación de los parámetros antropométricos es también importante. Los maniqués disponibles en el mercado en general están destinados a una población estándar. Algunos modelos como el Laerdal Resusci Anne ofrece la posibilidad de la modificación de la resistencia del pecho mediante el cambio de un muelle interior, pero no existe ningún modelo en el que se pueda programar la dureza (equivalente al somatotipo y peso de una víctima) de manera inmediata y sin modificar algún elemento estructural. Este factor es muy interesante, pues la diferencia entre aplicar la presión en una persona de grandes dimensiones, a una muy delgada, a un niño, varía mucho y sólo con el adecuado entrenamiento los estudiantes pueden adquirir las competencias necesarias para realizar este trabajo adecuadamente. Como ya se ha indicado, el sistema debe ayudar a entender de forma sencilla, las diferencias y la forma de hacer correctamente la reanimación a cada sujeto concreto.

Uno de los objetivos de los modelos de simulación es la comprensión del efecto de las maniobras que sobre él se hacen. En este sentido la creación de un maniquí en el que se pueda ver en tiempo real los órganos vitales y su función en base a la calidad de las compresiones, sería un paso fundamental para la formación. Aunque esta parte del prototipo estará en una segunda versión, ya se está estudiando cuales son las mejores formas de permitir visualizar adecuadamente lo que se quiere que el alumno aprenda, de forma que en su cabeza no solamente quede la forma de realizar los ejercicios de RCP sino también lo que ocurre en el cuerpo de la persona, pues eso le puede permitir imaginar las más diferentes situaciones y verlas con el tiempo y situación necesarios para realizar bien la resucitación.

Los maniqués convencionales de RCP básica no ofrecen la posibilidad de la restricción del flujo de aire durante la ventilación. Las recomendaciones indican que el volumen corriente es la cantidad de aire adecuada, sin embargo las situaciones especiales, como por ejemplo, la dificultad de ventilación con una víctima ahogada todavía no ha sido resuelta tecnológicamente. En el mundo mueren 500.000 personas ahogadas (Szpilman, Bierens, Handley, & Orłowski, 2012) y no existe, que se conozca, ningún simulador que

reproduzca las condiciones fisiológicas en el ahogamiento. El grupo de investigación está trabajando en conseguir, paso a paso, un modelo físico e informático que permita simular las más diversas situaciones.

IV. CONCLUSIONES

Los desarrollos tecnológicos actuales, junto con el trabajo entre grupos interdisciplinares puede permitir el desarrollo de nuevos sistemas de gestión de los más diversos problemas que aparecen en la medicina.

En el caso que nos lleva, lo que se pretende es mejorar, en lo posible, y desarrollar un nuevo sistema de maniquí que permita la práctica de la RCP, de formas que, hasta ahora, no son comunes.

Es clave en todo este proceso, la interacción entre las personas que diseñan las partes físicas, el software y los prototipos, con las personas que enseñan la forma de utilizar las herramientas actuales. Esta interacción ha permitido, ya, modificar la forma en que se utilizan, se ven, y se practican las RCP en laboratorio. La creación de un prototipo funcional diferente de los actuales, permitirá conseguir el objetivo de hacer la enseñanza de la RCP más fácil y útil para los estudiantes (por lo tanto para los futuros profesionales) y una forma más fácil y útil de enseñar para los docentes. Aplicando técnicas que, de momento, están reservadas a la industria, pero que pueden ser aplicables, también, a la salud y la vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bobrow, B. J., Vadeboncoeur, T. F., Spaite, D. W., Potts, J., Denninghoff, K., Chikani, V., ... Abella, B. S. (2011). The effectiveness of ultrabrief and brief educational videos for training lay responders in hands-only cardiopulmonary resuscitation implications for the future of citizen cardiopulmonary resuscitation training. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*, 4(2), 220–226. <http://doi.org/10.1161/CIRCOUTCOMES.110.959353>.
- [2] Bobrow, B. J., Vadeboncoeur, T. F., Stolz, U., Silver, A. E., Tobin, J. M., Crawford, S. A., ... Spaite, D. W. (2013). The influence of scenario-based training and real-time audiovisual feedback on out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation quality and survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Annals of Emergency Medicine*, 62(1), 47–56.e1. <http://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2012.12.02>.
- [3] Bohn, A., Weber, T. P., Wecker, S., Harding, U., Osada, N., Van Aken, H., & Lukas, R. P. (2011). The addition of voice prompts to audiovisual feedback and debriefing does not modify CPR quality or outcomes in out of hospital cardiac arrest—a prospective, randomized trial. *Resuscitation*, 82(3), 257–262. <http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.11.006>
- [4] Edelson, D. P., Litzinger, B., Arora, V., Walsh, D., Kim, S., Lauderdale, D. S., ... Abella, B. S. (2008). Improving in-hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Archives of Internal Medicine*, 168(10), 1063–1069. <http://doi.org/10.1001/archinte.168.10.1063>
- [5] Gonçalves, R.; Martins, J.; Branco, F.; González Castro, M. R.; Pérez Cota, M.; Barroso, J.; A new concept of 3D DCS Interface application for industrial production console operators; *Universal Access in the Information Society*; V14, 1, 3 PP 339-413; doi:10.1007/s10209-014-0368-x
- [6] Gräsner, J.-T., & Bossaert, L. (2013). Epidemiology and management of cardiac arrest: What registries are revealing. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 27(3), 293–306. <http://doi.org/10.1016/j.bpa.2013.07.008>
- [7] Kirkbright, S., Finn, J., Tohira, H., Bremner, A., Jacobs, I., & Celenza, A. (2014). Audiovisual feedback device use by health care professionals during CPR: a systematic review and meta-analysis of randomised and non-randomised trials. *Resuscitation*, 85(4), 460–471. <http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2013.12.012>
- [8] Krasteva, V., Jekova, I., & Didon, J.-P. (2011). An audiovisual feedback device for compression depth, rate and complete chest recoil can improve the CPR performance of lay persons during self-training on a manikin. *Physiological Measurement*, 32(6), 687–699. <http://doi.org/10.1088/0967-3334/32/6/006>
- [9] MacKinnon, R. Krasteva, V., Jekova, I., & Didon, J.-P. (2011). An audiovisual feedback device for compression depth, rate and complete chest recoil can improve the CPR performance of lay persons during self-training on a manikin. *Physiological Measurement*, 32(6), 687–699. <http://doi.org/10.1088/0967-3334/32/6/006>
- [10] J., Stoeter, R., Doherty, C., Fullwood, C., Cheng, A., Nadkarni, V., ... Chang, T. P. (2015). Self-motivated learning with gamification improves infant CPR performance, a randomised controlled trial. *BMJ Simulation and Technology Enhanced Learning*, *bmjstel-2015-000061*. <http://doi.org/10.1136/bmjstel-2015-000061>
- [11] Monsieurs, K. G., Nolan, J. P., Bossaert, L. L., Greif, R., Maconochie, I. K., Nikolaou, N. I., ... ERC Guidelines 2015 Writing Group. (2015). European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 1. Executive summary. *Resuscitation*, 95, 1–80. <http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.038>
- [12] Neumar, R. W., Shuster, M., Callaway, C. W., Gent, L. M., Atkins, D. L., Bhanji, F., ... Hazinski, M. F. (2015). Part 1: Executive Summary: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*, 132(18 Suppl 2), S315–367. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000252>
- [13] Nolan, J. P., Soar, J., Zideman, D. A., Biarent, D., Bossaert, L. L., Deakin, C., ... Böttiger, B. (2010). European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010 Section 1. Executive summary. *Resuscitation*, 81(10), 1219–1276. <http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.08.021>
- [14] Pérez Cota, M., Thomaschewski, J., Schrepp, M., Gonçalves, R....Efficient Measurement of the User Experience. A Portuguese Versión. *DSAI2013. Procedia Computer Science*. V27, PP491-498. Doi:10.1016/j.procs.2014.02.053
- [15] Perkins, G. D., Handley, A. J., Koster, R. W., Castrén, M., Smyth, M. A., Olasveengen, T., ... Adult basic life support and automated external defibrillation section Collaborators. (2015). European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 2. Adult basic life support and automated external defibrillation. *Resuscitation*, 95, 81–99. <http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2015.07.015>
- [16] Perk, J., De Backer, G., Gohlke, H., Graham, I., Reiner, Z., Verschuren, M., ... ESC Committee for Practice Guidelines (CPG). (2012). European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). The Fifth Joint Task Force of the European Society of Cardiology and Other Societies on Cardiovascular Disease Prevention in Clinical Practice (constituted by representatives of nine societies and by invited experts). *European Heart Journal*, 33(13), 1635–1701. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs092>
- [17] Potts, J., & Lynch, B. (2006). The American Heart Association CPR anytime program: The potential impact of highly accessible training in cardiopulmonary resuscitation. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*, 26(6), 346–354. <http://doi.org/10.1097/00008483-200611000-00002>
- [18] Smart, J. R., Kranz, K., Carmona, F., Lindner, T. W., & Newton, A. (2015). Does real-time objective feedback and competition improve performance and quality in manikin CPR training - a prospective observational study from several European EMS. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 23(1). <http://doi.org/10.1186/s13049-015-0160-9>
- [19] Szpilman, D., Bierens, J. J. L. M., Handley, A. J., & Orłowski, J. P. (2012). Drowning. *New England Journal of Medicine*, 366(22), 2102–2110. <http://doi.org/10.1056/NEJMra1013317>

- [20] Wayne, D. B., & McGaghie, W. C. (2010). Use of simulation-based medical education to improve patient care quality. *Resuscitation*, 81(11), 1455–1456. <http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2010.07.012>
- [21] Yeung, J., Davies, R., Gao, F., & Perkins, G. D. (2014). A randomised control trial of prompt and feedback devices and their impact on quality of chest compressions--a simulation study. *Resuscitation*, 85(4), 553–559. <http://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2014.01.015R>. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.

Algoritmo de Optimización basado en Biogeografía para resolver el Set Covering Problem

Biogeography-based Optimization Algorithm for the Set Covering Problem

Broderick Crawford^{1,2,3}, Ricardo Soto^{1,4,5}, Luis Riquelme¹, y Eduardo Olguín²

¹Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

²Universidad San Sebastián, Chile

³Universidad Central de Chile, Chile

⁴Universidad Autónoma de Chile, Chile

⁵Universidad Científica del Sur, Perú

{broderick.crawford, ricardo.soto}@puvc.cl, lriquelme@outlook.com

Resumen — El Algoritmo de Optimización Basado en Biogeografía (BBOA) es un nuevo tipo de algoritmo global de optimización inspirado en la biogeografía, la cual imita el comportamiento de migración de los animales o especies en la naturaleza para resolver problemas de optimización e ingeniería. En este documento, se presenta el BBOA para resolver el Set Covering Problem (SCP). Este último, es un problema clásico de combinatoria y de la lista de problemas NP-Completo; este consiste en encontrar un conjunto de soluciones que permitan cubrir un conjunto de necesidades al menor costo posible y siguiendo ciertas restricciones. Además, se propone un nuevo método para mejorar el rendimiento de BBOA, mejorando el estancamiento en óptimos locales. Con esto, los experimentos muestran que BBOA, para resolver este tipo de problemas, da muy buenos resultados.

Palabras Clave – Algoritmo de Optimización Basado en Biogeografía; Set Covering Problem.

Abstract — Biogeography-Based Optimization Algorithm (BBOA) is a new kind of global optimization algorithm inspired by biogeography, which mimics the migration behavior of animals in nature to solve optimization and engineering problems. In this paper, we proposed BBOA for solving the Set Covering Problem (SCP). The SCP is a classic combinatorial problem from NP-hard list problems, consisting in find a set of solutions that cover a range of needs at the lowest possible cost with certain constraints. Moreover, we proposed a new feature for improve performance of BBOA, improving stagnation in local optimum. Finally, the experiments with BBOA to solve these problems, show very good results.

Keywords – Biogeography-Based Optimizacion Algorithm; Set Covering Problem.

I. INTRODUCCIÓN

En el área de la combinatoria e ingeniería existe una gran variedad de problemas complejos de resolver en cuanto a costos computacionales, dado que se requieren desde miles a millones de iteraciones para encontrar las mejores soluciones

a estos problemas; comúnmente éstos son llamados del tipo NP-hard [7] y una de las alternativas para resolverlos son los algoritmos exactos, sin embargo no son aptos para problemas de gran magnitud, pues requieren de grandes capacidades computacionales, tiempo y costos para llegar al mejor resultado [2], [6]. Contrario a esto existen las metaheurísticas, que permiten resolver de forma probabilística estos problemas, llegando a resultados aproximados; y en ocasiones a los mejores; tal como se muestra en [1], donde se ve aplicado lo anterior.

Una de las metaheurísticas existentes, y medianamente nueva, es la basada en biogeografía o llamada Algoritmo de Optimización Basado en Biogeografía (BBOA, en sus siglas en inglés). Ésta se basa en el comportamiento de migración natural de los animales, considerando tanto emigración, inmigración y un factor de mutación; por lo tanto es un algoritmo poblacional, que sirve para problemas tanto reales como binarios y, además, es útil tanto para problemas de maximización como minimización [8]. Este, en términos generales, se basa en el concepto de Índice de Idoneidad del Hábitat (HSI); el que nace a partir de las características de un hábitat de especies; donde el hábitat que tiene mejores características, tendrá un mayor HSI y la de peores características, menor HSI [8], [10]. Además, se considera que mientras más HSI tenga un hábitat, más especies habitan en él, contrariamente a las de menor HSI. Asimismo, cada hábitat posee una tasa única de inmigración y emigración, además de una probabilidad de mutación; estas 3 últimas nacidas a partir del número de especies en el hábitat.

Esta técnica se aplicará para resolver el problema del conjunto de cobertura (Set Covering Problem, en inglés, o SCP), que consiste en cubrir un conjunto de necesidades al menor costo posible, siguiendo ciertas restricciones impuestas al contexto del problema (las necesidades forman las restricciones). El SCP se puede aplicar a distintas áreas, mencionadas en la siguiente sección y en [3]. Además, éste ha sido resuelto mediante otras técnicas, como Binary Cat Swarm [4]; Artificial Bee Colony [5], Binary Firefly [11],

Binary Bat, entre otros. Este documento muestra, en primer lugar, una descripción del SCP. Luego la técnica que se usará para resolverlo; BBOA. Siguiendo a esto, se muestran las modificaciones realizadas al algoritmo para poder integrarlo al problema. Finalmente se muestran los resultados en base a experimentos y las conclusiones correspondientes.

II. SET COVERING PROBLEM

El SCP es un problema clásico de combinatoria y de la ingeniería computacional; perteneciente a la clase NP-hard [7]. Este consiste en encontrar un conjunto de soluciones que permitan cubrir un conjunto de necesidades al menor costo posible. Visto como matriz, el conjunto de necesidades corresponde a las filas (restricciones), mientras que el conjunto solución es la selección de las columnas que cubren de forma óptima las filas. Entre las aplicaciones del mundo real en las que aplica, están: ubicación de instalaciones de emergencia, producción de acero, rutas para vehículos, ataque o defensa de redes, recuperación de información, localización de servicios, entre otros [3].

El SCP se define como:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

$$\text{Sujeto a: } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in \{1, 2, 3, \dots, m\} \quad (2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad (3)$$

Donde (1) minimiza el número de conjuntos, análogo a obtener el mínimo costo. Sujeto a (2), asegurando que cada fila sea cubierta por al menos una columna. Esto según la restricción de integridad (3); si x_j es igual a 1, la columna cubre y 0 si no.

III. BIOGEOGRAPHY-BASED OPTIMIZATION ALGORITHM

La biogeografía estudia la migración entre hábitats, especiación y la extinción de especies. Simon (2008), mediante los modelos matemáticos de biogeografía desarrollados en la década de 1960, propone el BBOA [8]. Éste dice que las áreas que están bien adaptadas como residencia para especies biológicas tienen un alto HSI. Algunas características relacionadas con este índice son: precipitación, diversidad de la vegetación, diversidad de las características topográficas, superficie terrestre y la temperatura. Las variables que caracterizan la habitabilidad se llaman variables de índice de idoneidad (Suitability Index Variables, SIV).

Hábitats que tienen un buen HSI, se dice que son más propensos a tener más especies; contrariamente a los hábitats de bajo HSI, los cuales presentan baja cantidad de especiación, dada las condiciones del lugar. Luego, en base a la cantidad de especies, se puede pronosticar la tasa de inmigración y emigración: los hábitats que tienen mayor HSI tienen mayor tasa de emigración, puesto que la gran población de especies provoca que algunos salgan a explorar otros hábitats vecinos; y una baja tasa de inmigración, puesto que al haber mayor cantidad de especies, hay menos posibilidades que nuevas especies sobrevivan. Contrario a

esto, los hábitats de bajo HSI tienden a tener mayor tasa de inmigración, dado que nuevas especies exploran éstos por el espacio disponible; y una alta tasa de emigración, ya que las condiciones provocan la rápida ida o extinción de las especies. Este comportamiento se puede apreciar en la Fig. 1.

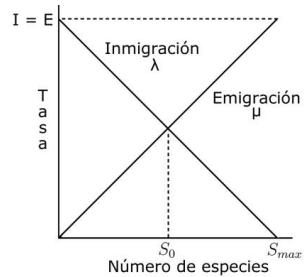


Figure 1. Modelo de especies de un hábitat simple

Donde I y E , las tasas de inmigración y emigración máximas, coincidentes para simplicidad. S_{max} , la cantidad de especies máxima y S_0 , un hábitat con equilibrio de tasas. Por último, λ la tasa de inmigración y μ , la tasa de emigración; con la variable k siendo el número de especies del hábitat.

A. Operador de Migración

En biogeografía las especies pueden migrar entre hábitats. En la BBOA, las características de las soluciones pueden afectar a las demás y a sí mismas, utilizando sus tasas de inmigración y emigración para compartir probabilísticamente información entre ellas. Basándose en la Figura 1 se usa la curva de inmigración para decidir probabilísticamente si cada característica inmigrará o no en cada solución. Si una característica -de alguna solución- es seleccionada para inmigrar, se selecciona probabilísticamente una solución que emigrará una de sus características aleatoriamente. Esto se ejemplifica en el algoritmo de la Fig. 2.

```
// N el tamaño de la población
Desde i = 1 hasta N
  Seleccionar  $H_i$  con probabilidad  $\lambda_i$ 
  Si  $H_i$  es seleccionado, entonces:
    // D el largo de la solución (SIV)
    Desde k=1 hasta D
      Seleccionar  $H_j$  con probabilidad  $\mu_j$ 
      Si  $H_j$  es seleccionado, entonces:
        Seleccionar un  $k \in [1, D]$  aleatorio
        Asignar  $H_{ik} = H_{jk}$ 
    Fin desde
  Fin desde
```

Figure 2. Operador de Migración

Con esto, se puede observar que las mejores soluciones (las que poseen mayor fitness y, a la vez, mayor número de especies), son las que tienen menos probabilidades de inmigrar sus características, puesto que las tasas de inmigración son más bajas. Contrario a esto, las soluciones con menor fitness están más propensas a inmigrar, dado sus

altas tasas de inmigración; sin embargo, las soluciones que aportarán con su emigración hacia estas peores soluciones, serán las que se posean buen fitness, por su alta tasa de emigración [10].

B. Operador de Mutación

Un hábitat natural puede verse afectado por eventos de cataclismo, cambiando drásticamente su HSI. Esto podría causar un recuento de especies que sea distinto a su valor de equilibrio (flotas de especies que arriban desde hábitats vecinos, enfermedades, catástrofes naturales, etc.). Por lo tanto, el HSI de un hábitat, podría cambiar repentinamente debido a eventos aleatorios.

En BBOA se usan probabilidades de cantidad de especies P_s para determinar las tasas de mutación. Estas se determinan a partir del equilibrio entre las tasas de inmigración y emigración, como se muestra en la Fig. 1, puesto que a mayor equilibrio entre estas tasas, la probabilidad de que haya S cantidad de especies es mayor; las especies inmigran en una tasa que es similar a la cantidad de especies que emigran de la misma hábitat. Por otra parte, los mejores y peores hábitats tienen menor probabilidad de poseer S cantidad de especies. Esto es mencionado en detalle en [8]. Luego, la tasa de mutación es calculada en (4):

$$m(s) = m_{max} \left(\frac{1 - P_s}{P_{max}} \right), \quad (4)$$

Donde m_{max} es una probabilidad de mutación máxima dada por parámetro y P_{max} la probabilidad de S máxima existente. Luego, el algoritmo en Fig. 3 explica el operador: por cada hábitat se calcula la probabilidad de S especies, y luego, por cada característica, si es seleccionada para ser mutada mediante esta probabilidad, se reemplaza con otro SIV aleatorio.

```
// M el largo de los SIVS
Desde j = 1 hasta M
  Calcular probabilidad de mutación  $P_i$ 
  Seleccionar SIV  $H_i(j)$  con probabilidad  $P_i$ 
  Si  $H_i(j)$  es seleccionado:
    Reemplazar  $H_i(j)$  con un SIV generado aleatoriamente.
Fin desde
```

Figure 3. Operador de Migración

Cabe destacar que en problemas binarios, el operador de mutación al intercambiar un SIV lo hace de manera tal que $H_i(j) = 1 - H_i(j)$ [10].

IV. BBOA PARA EL SCP

Posterior a la descripción del problema y de la técnica a utilizar, se continúa finalmente con la implementación y adecuación del BBOA para obtener resultados aceptables para el SCP.

A. Consideraciones Generales

Como consideraciones generales en la implementación del algoritmo, en diferencia al BBOA base, se puede destacar:

- La población se ordena en cada generación; estando en primer lugar la solución con mayor HSI y al último la de peor.
- El largo (SIV) de cada solución, es del mismo tamaño que la cantidad de costos de la instancia del SCP.
- Se utiliza función de reparación para soluciones infactibles.
- Se utiliza un parámetro de elitismo, el cual almacena la solución con menor costo a lo largo de las iteraciones.
- El criterio de parada es una cantidad máxima de iteraciones.

B. Fitness

Dado que SCP es un problema de minimización y BBOA, mediante el HSI está desarrollado para maximizar (mayor HSI, mejor solución), se calcula el HSI tal que (4):

$$HSI = \frac{1}{\text{Costo total solución}}. \quad (4)$$

C. Reparación soluciones infactibles y eliminación columnas redundantes

Al mutar una solución mediante operadores, es probable que éstas sean soluciones infactibles para el contexto del problema. Para evitar esto, se usa un método de reparación básico: se busca columna infactible con menos costo, que al activarla vuelva la solución factible. Además, como post-proceso, se eliminan las columnas redundantes de cada solución: se desactivan columnas que no afecten a la factibilidad de la solución. Todo lo anterior con el fin de disminuir costos por solución.

D. Optimización de estancamiento en óptimos locales

En BBOA, la tasa máxima de mutación es muy influyente en la calidad de soluciones. Una tasa alta permite mayor variedad en las soluciones, afectando los costos de estas. En la convergencia de BBOA, las soluciones generalmente se estancan en un óptimo local, perdiendo valiosas iteraciones. Para cuando esto pasa, hemos creado e implementado un método que incrementa la tasa máxima de mutación, evitando largos estancamientos.

La tasa máxima de mutación debe aumentar para permitir mayor variedad de soluciones y así evitar estancamientos. Para esto, se calcula un 10% de estancamiento sobre las iteraciones faltantes. Si esto se cumple, se incrementa la tasa en un 0.0009 sobre el valor (valor dado a más experimentación). Luego, si el porcentaje de estancamiento llega a 20% se incrementa nuevamente y así hasta que el óptimo local cambie. Con este método, la tasa máxima de mutación de parámetro fijo en BBOA, pasa a ser variable. Este método es una variación del BBOA, creado sobre experimentación y notando grandes mejoras en los resultados.

V. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

Para los experimentos, el algoritmo se implementó en lenguaje de programación JAVA y fue llevado a cabo en un laptop con SO Windows 8.1, Intel Core i3 2.50GHz con 6 GB de RAM. Además, usamos las instancias pre-procesadas para el SCP, obtenidas desde OR-Library [3]. Estas instancias pre-procesadas tienen como propósito reducir su tamaño, removiendo columnas y filas redundantes [9]. Por otro lado, las columnas de la tabla están formadas respectivamente: instancia ejecutada, óptimo conocido, mejor resultado obtenido, peor resultado obtenido, promedio de resultados y finalmente los *Relative Percentage Deviation* (RPD) [5] correspondientes en base al promedio y al mínimo.

A través de variados experimentos y afinación de parámetros, se destacan los que dieron los mejores promedios. Éstos son los siguientes: tamaño de población = 15; probabilidad de mutación máxima = 0.004; probabilidad máxima de inmigración y emigración = 1; y finalmente un número máximo de iteraciones = 6000. Cada instancia fue ejecutada 30 veces. Los resultados pueden verse en Tabla 1.

TABLE I. RESULTADOS DE INSTANCIAS PRE-PROCESADAS

<i>Ins.</i>	<i>Opt. Conocido</i>	<i>Mejor R.</i>	<i>Peor R.</i>	<i>Prom.</i>	<i>RPD Avg</i>	<i>RPD Min</i>
mscp41	429	430	433	430,83	0,43	0,23
mscp410	514	514	519	516,53	0,49	0,00
mscp42	512	512	512	512,00	0,00	0,00
mscp43	516	516	521	516,53	0,10	0,00
mscp44	494	495	495	495,00	0,20	0,20
mscp45	512	514	517	516,50	0,88	0,39
mscp46	560	560	570	561,47	0,26	0,00
mscp47	430	430	433	431,73	0,40	0,00
mscp48	492	493	499	498,20	1,26	0,20
mscp49	641	641	656	646,07	0,79	0,00
mscp51	253	253	263	255,70	1,07	0,00
mscp510	265	265	267	265,87	0,33	0,00
mscp52	302	305	307	305,70	1,23	0,99
mscp53	226	226	230	228,07	0,92	0,00
mscp54	242	242	243	242,37	0,15	0,00
mscp55	211	211	212	211,50	0,24	0,00
mscp56	213	213	216	213,57	0,27	0,00
mscp57	293	293	301	294,53	0,52	0,00
mscp58	288	288	299	289,13	0,39	0,00
mscp59	279	279	287	280,27	0,46	0,00
mscp61	138	138	148	142,57	3,31	0,00
mscp62	146	146	151	149,90	2,67	0,00
mscp63	145	145	148	146,60	1,10	0,00
mscp64	131	131	134	131,10	0,08	0,00
mscp65	161	161	169	164,83	2,38	0,00
mscpa1	253	253	258	255,33	0,92	0,00
mscpa2	252	252	261	255,73	1,48	0,00
mscpa3	232	232	239	234,00	0,86	0,00
mscpa4	234	234	235	234,60	0,26	0,00

<i>Ins.</i>	<i>Opt. Conocido</i>	<i>Mejor R.</i>	<i>Peor R.</i>	<i>Prom.</i>	<i>RPD Avg</i>	<i>RPD Min</i>
mscpa5	236	236	238	236,70	0,30	0,00
mscpb1	69	69	75	70,37	1,99	0,00
mscpb2	76	76	80	76,50	0,66	0,00
mscpb3	80	80	82	80,77	0,96	0,00
mscpb4	79	79	83	80,53	1,94	0,00
mscpb5	72	72	74	72,13	0,18	0,00
mscpc1	227	227	233	229,93	1,29	0,00
mscpc2	219	219	225	221,13	0,97	0,00
mscpc3	243	248	255	250,40	3,05	2,06
mscpc4	219	219	227	221,20	1,00	0,00
mscpc5	215	215	218	216,83	0,85	0,00
mscpd1	60	60	62	60,27	0,45	0,00
mscpd2	66	66	69	67,43	2,17	0,00
mscpd3	72	72	76	73,83	2,54	0,00
mscpd4	62	62	65	63,37	2,21	0,00
mscpd5	61	61	64	61,57	0,93	0,00
mscpnre1	29	29	32	29,63	2,17	0,00
mscpnrf1	14	14	15	14,47	3,36	0,00
mscpnrg1	176	177	190	181,77	3,28	0,57

Dado los resultados, se puede ver un excelente comportamiento con las instancias pre-procesadas. Obteniendo el óptimo global en 41 de 48 instancias, con un RPD en base al promedio bastante cercanos a 0. Además, estas instancias permiten numerosos experimentos, gracias a la velocidad de ejecución.

VI. CONCLUSIONES

Luego de analizado el problema y la técnica BBOA, se lleva a cabo una implementación en conjunto a distintos métodos que dan resultados excelentes con las instancias experimentales. Además, se puede notar el gran aporte de los métodos de reparación y optimización al algoritmo; como la eliminación de columnas redundantes y el método creado sobre experimentación para optimizar el estancamiento en óptimos locales. Aumentar la tasa máxima de mutación aporta una gran variedad de soluciones a la población, lo que a la larga, permite encontrar soluciones con menores costos.

Sin duda, aún es posible continuar con la experimentación, con el fin de llegar a más óptimos globales y con esto obtener aún más bajos RPD en base al promedio. El trabajo está en encontrar valores más precisos en la modificación de la tasa máxima de mutación y en los clásicos parámetros de BBOA, así como experimentar con otros tipos de reparación. Finalmente, con los datos obtenidos, se puede decir que BBOA se comporta bastante bien para resolver el SCP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Guanghui Lan A, Gail W. Depuy B, and Gary E. Whitehouse C. Discrete optimization an effective and simple heuristic for the set covering problem abstract, 2005.

- [2] Egon Balas and Maria C. Carrera. A dynamic subgradient-based branch-and-bound procedure for set covering. *Operations Research*, 44(6):pp. 875-890, 1996.
- [3] J.E. Beasley and K. Jornsten. Enhancing an algorithm for set covering problems. *European Journal of Operational Research*, 58(2):293-300, 1992. *Practical Combinatorial Optimization*.
- [4] B. Crawford, R. Soto, N. Berrios, F. Johnson, and F. Paredes. Solving the set covering problem with binary cat swarm optimization, pp 41-48. Springer International Publishing, 2015.
- [5] B. Crawford, R. Soto, R. Cuesta, and F. Paredes. Application of the artificial bee colony algorithm for solving the set covering problem. *The Scientific World Journal*, 2014(189164), pp 1-8, April 2014.
- [6] M. L. Fisher and P. Kedia. Optimal solution of set covering/partitioning problems using dual heuristics. *Manage. Sci.*, 36(6): pp 674-688, June 1990.
- [7] SM. R. Garey and D. S. Johnson. *Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness* (Series of Books in the Mathematical Sciences). W. H. Freeman, 1979.
- [8] D. Simon. Biogeography-based optimization. *Evolutionary Computation*, IEEE Transactions on, 12(6): pp 702-713, Dec 2008.
- [9] Yaquan Xu, Gary Kochenberger, and Haibo Wang. Pre-processing method with surrogate constraint algorithm for the set covering problem.
- [10] BiBingyan Zhao, Changshou Deng, Yanling Yang, and Hu Peng. Novel binary biogeography-based optimization algorithm for the knapsack problem. pp 217-224. 2012.
- [11] B. Crawford, R. Soto, M. Olivares Suarez, F. Paredes, and F. Johnson. Binary firefly algorithm for the set covering problem. In *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2014 9th Iberian Conference on, pp 1-5, June 2014.
- [12] B. Crawford, R. Soto, C. Olea, F. Johnson, and F. Paredes. Binary bat algorithms for the set covering problem. In *Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2015 10th Iberian Conference on, pp 1-4, June 2015.

Proposta de um Modelo de Gestão de Crise nas Redes Sociais para o Setor da Saúde

Model of Crisis Management in Social Media – Suggestion for the Health Sector

Loide Tomás Madureira
Mestrado em Gestão de Recursos de Saúde
Instituto Politécnico de Tomar
Tomar, Portugal
loidetomas@gmail.com

Célio Gonçalo Marques
Centro de Administração e Políticas Públicas (ISCSP, UL)
Unidade Dpt. de Tecnologias de Informação e Comunicação
Instituto Politécnico de Tomar
Tomar, Portugal
celiomarques@ipt.pt

Resumo — As redes sociais assumiram grande importância na vida diária das pessoas, todos somos produtores de conteúdos, portanto as situações de desagrado e desconforto são divulgadas com muito maior facilidade do que há alguns anos atrás. Para o mundo empresarial isto traz consequências práticas e diárias. Situações que, em tempos, eram contidas, nos nossos dias podem assumir grandes dimensões e prejudicar a imagem das instituições. Desta forma, as empresas têm investido em ferramentas que monitorizam estas redes, procurando prevenir potenciais crises. No caso das instituições de saúde, nomeadamente as hospitalares, não existe ainda uma preocupação com esta monitorização. Muitas vezes não existem gabinetes de comunicação, outras vezes não têm disponíveis as ferramentas necessárias e, em grande parte dos casos, as administrações não estão despertas para esta necessidade.

Torna-se, portanto, necessário criar um conjunto de bases simples e acessíveis, que permitam às instituições fazer uma gestão preventiva da crise.

Palavras-chave: redes sociais, gestão de crise, saúde, comunicação.

Abstract — Social media have assumed a major part in people's daily life, nowadays we are all web content producers, thus situations that are uncomfortable and stressful can be shared a lot easier than a few years ago. This new interaction in social media brings daily consequences for business. Situations that were contained, now can assume a large scale and damage institutions' image and reputation. Recently there have been a commitment of the companies to invest in tools to monitor social media so that potential crises can be prevented. Health institutions, such as hospitals, have not yet showed concern with this problem. Many of them do not have communication staff, have limited resources and many of the executive directors in hospitals are not aware that social media monitoring is needed.

It is necessary to create a set of simple and affordable tools that help these institutions to prevent potential crisis.

Keywords: social media, crises management, health, communication.

I. INTRODUÇÃO

O estudo que se propõe tem como objetivo principal a criação de um modelo de apoio à gestão da comunicação na crise no contexto das instituições hospitalares. Pretende-se com a criação deste modelo: facilitar a pesquisa de publicações negativas nas redes sociais; apoiar a gestão de topo das instituições a delinear um plano de comunicação adequado a situações de crise nas redes sociais; criar um modelo que ajude a prevenir o superdimensionamento das notícias negativas; permitir uma comunicação eficiente nas crises em saúde.

Segundo Costa [1], as redes sociais promovem uma interação humana que vai muito para além do conceito de comunidade. Estas redes estão amplamente integradas na vida diária das pessoas, e a informação que é trocada nestes locais vai desde o simples partilhar de ideias e sentimentos até ao partilhar de notícias, eventos e todo o tipo de informação mais complexa. Um estudo da Marktest Consulting [2], em 2015, mostra a importância das redes sociais na vida dos portugueses:

- i. 94% dos utilizadores de redes sociais tem conta no Facebook e 41% no Youtube;
- ii. 29% usa smartphone para aceder às redes sociais entre as 18 e as 20 horas;
- iii. 69% segue marcas nas redes sociais;
- iv. 13% considera que o facto de seguir ou ser fã de uma empresa ou marca nas redes sociais tem muita influência nas opções de compra da marca.

Dada a importância que as redes sociais assumiram na vida das pessoas torna-se necessário que as instituições marquem a sua presença neste meio, estabeleçam veículos de comunicação com os seus utentes, sejam eficazes na deteção de potenciais crises e céleres na resposta de forma a minimizar o prejuízo na imagem. É nesta perspetiva que se enquadra o nosso trabalho.

II. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

As instituições de saúde sofreram mudanças muito profundas ao longo dos tempos. Na Idade Média, a medicina não se praticava em hospitais, mas nos domicílios, e chegava apenas aos mais abonados, os hospitais eram locais de assistência aos mais carenciados e, essencialmente, controlados pela Igreja. Quando a missão dos hospitais se alterou para medicina curativa, a responsabilidade por todas as vertentes da sua organização passou a ser do médico.

Em Portugal, a empresarialização das instituições de cuidados de saúde trouxe uma alteração profunda aos modelos de gestão existentes. As instituições tornaram-se mais direcionadas para o aumento do lucro e melhor gestão da despesa pelo combate ao desperdício, sofreram mudanças fundamentais na sua estrutura. Estas instituições passaram a ser encaradas como empresas e, como tal, houve a necessidade de introduzir modelos de gestão adequados, bem como gestores profissionais. Abandonou-se a visão de prestação de assistência para uma visão de produção de cuidados de saúde.

As alterações provocadas com transformação dos anteriores hospitais autónomos em empresariais levaram ao estabelecimento de políticas orientadas para a satisfação do cliente. A tentativa de otimização de recursos também foi uma das consequências e, para tal, procurou-se reduzir o número de funcionários, aumentar a sua carga horária, estabelecer progressão com base na produtividade e atribuir-lhes maior mobilidade [3]. A ambição era ampliar a competitividade dos hospitais no mercado e, para tal, procurou-se também fixar os melhores profissionais. Esta última medida teve, no entanto, diversos constrangimentos, nomeadamente no que diz respeito aos processos de negociação contratual e salarial, devido às contenções orçamentais a que estas instituições se encontram sujeitas [4]. As políticas instituídas vieram aumentar a incerteza laboral e facilitar a substituição e mobilidade dos colaboradores. Desta forma, houve um comprometimento das relações interpessoais e do trabalho em equipa uma vez que, face a esta alteração de políticas houve um aumento da competitividade entre os colaboradores de modo a assegurarem a sua permanência na organização. Este tipo de competitividade pode ser problemática, uma vez que pode afetar a qualidade dos cuidados prestados [5]. A nova forma de gestão hospitalar, por si só, é geradora de alguns conflitos, uma vez que houve uma quebra com a gestão tradicional, liderada por especialistas e técnicos da saúde. Há, no entanto, um novo enfoque na qualidade de cuidados e hotelaria hospitalar. Foram gerados conflitos entre as diferentes subculturas profissionais. Esses conflitos são muitas vezes causadores de insatisfação o que, associado a mais horas de trabalho, menos recursos financeiros, mais enfoque na produção, leva a uma certa desumanização da saúde [6].

A concorrência entre o setor privado e o público começa também a ganhar forma.

Os utentes/doentes são cada vez mais informados e como tal o seu nível de exigência aumentou face a algumas décadas atrás.

Por outro lado, assistimos nos últimos anos ao aparecimento da Web 2.0, “uma segunda geração de serviços e

aplicações Web que permitem um maior grau de interatividade e colaboração” [7]. Se há alguns anos a Internet era um espaço onde consultávamos informação, nos nossos dias qualquer utilizador é simultaneamente produtor de conteúdos [8].

Num mundo onde os cidadãos são mais informados, mais inconformados e onde os profissionais se encontram maioritariamente insatisfeitos; num mundo onde o setor público e privado começam a estabelecer uma relação concorrencial; num mundo onde os cidadãos com facilidade expõem as suas reclamações na Internet; torna-se um grande desafio a gestão da comunicação nas Instituições.

Podemos entender a comunicação na saúde em duas vertentes distintas, por um lado o desenvolvimento de estratégias que influenciem os cidadãos no que respeita aos conteúdos de saúde, por outro lado no desenvolvimento de planos de comunicação internos (dentro das instituições, entre a gestão de topo e os colaboradores) e externos (entre as instituições e os cidadãos). Em países como os Estados Unidos da América, com sistemas de saúde maioritariamente privados, a comunicação das instituições de saúde é vista como uma ferramenta essencial e indispensável [9]. A comunicação em saúde tem vindo a desenvolver-se nos últimos vinte e cinco anos, sendo muitas vezes utilizada para a promoção da saúde. No entanto, este é um campo difícil, os meios de comunicação são muitos, as notícias nem sempre são corretas e fundamentadas, tudo sempre num contexto de assimetria de informação como a saúde [10].

Nos últimos anos tem-se desenvolvido um conceito de assessoria de comunicação para as instituições de saúde; equipas fundamentalmente compostas por jornalistas dão apoio a todo o processo comunicativo entre a instituição e as populações. Nem sempre os meios de comunicação social conseguem transpor para o meio noticioso um registo fidedigno da realidade, uma vez que a assimetria de informação é muito grande nesta área. Os efeitos de colocar especialistas na gestão da comunicação podem ser francamente positivos, uma vez que estes falam numa linguagem acessível ao público, mas há que considerar os efeitos largamente nefastos da desinformação. Assim, é necessário estabelecer sinergias entre os especialistas da comunicação e os especialistas da saúde, de forma a obter a melhor resposta possível [9].

Segundo Covello [11] a comunicação de crise na saúde deve ser feita com base nas seguintes linhas mestras:

- v. aceitar e envolver todos os intervenientes como parceiros legítimos;
- vi. ouvir as pessoas;
- vii. ser verdadeiro, honesto, franco e aberto;
- viii. coordenar, colaborar e estabelecer parcerias com outras fontes credíveis;
- ix. ir ao encontro das necessidades da comunicação social;
- x. comunicar com clareza e empatia;
- xi. planear tudo cuidadosamente.

As redes sociais são um local onde os utilizadores são produtores de conteúdos com uma particularidade importante: o efeito bola de neve que têm capacidade de potenciar. Nestas redes torna-se possível que uma publicação de um utilizador seja partilhada por inúmeros outros utilizadores. São já

numerosos os casos das notícias que chegam aos telejornais provenientes das redes sociais.

As redes sociais tornaram-se um problema ou uma ferramenta importante para as empresas e, extrapolamos aqui, para as instituições? Segundo Pereira [12] as empresas não podem “viver com elas” nem podem “viver sem elas”. Querendo isto dizer que as instituições não podem ignorar o que se passa nas redes sociais, uma vez que estas têm um impacto real ligado ao consumo. Existem diversas formas de gerir esta interação entre a instituição e o público.

No caso específico da saúde, as redes sociais podem ser uma ferramenta extremamente útil. Segundo Moorhead et al. [13] as redes sociais trazem uma nova dimensão à comunicação em saúde, uma vez que podem estabelecer uma plataforma onde profissionais de saúde, instituições, doentes e público em geral comuniquem sobre estes assuntos. A literacia em saúde pode ser melhorada, usando diversos tipos de ferramentas (vídeos, fotografias, artigos, entre outros). Há, no entanto, que garantir que a confidencialidade e a fiabilidade da informação. Há também uma maior proximidade entre doentes e cuidadores, o que pode levar a uma maior consciencialização do público.

As redes sociais por si só não são uma ameaça às instituições. É a forma como as instituições decidem reagir às notícias deste meio que podem, ou não, trazer benefícios ou prejuízos à sua imagem.

Alguns artigos definem linhas orientadoras sobre como fazer esta gestão. Thomas [14] define dezasseis passos de atuação:

- i. admitir a falha precocemente de forma a tornar a situação negativa num ponto positivo;
- ii. construir uma comunidade, antes de esta ser necessária; uma comunidade que venha em auxílio sempre que necessário;
- iii. sempre que possível, comunicar pessoalmente com o queixoso;
- iv. incluir nas equipas de redes sociais profissionais de apoio ao cliente convenientemente treinados;
- v. saber quando e como retirar o problema da esfera pública;
- vi. aprender tanto quanto possível sobre o cliente;
- vii. não ter medo de pedir desculpa;
- viii. conhecer bem todos os colaboradores que poderão estar envolvidos na gestão de crise;
- ix. manter todas as comunicações coerentes nas diversas esferas (Internet, pessoalmente, etc.);
- x. informar as equipas de todas as recomendações positivas por parte dos clientes, não apenas as reclamações;
- xi. saber admitir quando não se tem a resposta, referenciar o cliente para a pessoa certa dentro da instituição;
- xii. planear, ser pró-ativo em vez de reativo;
- xiii. manter o plano atualizado;
- xiv. manter uma política de comunicação nas redes sociais que seja coerente;
- xv. ouvir os clientes, criar uma plataforma onde sejam armazenados os comentários feitos;
- xvi. ter uma plataforma de monitorização das redes sociais antes de surgir alguma situação de crise.

A Academia do Marketing [15] defende que se deve elaborar um plano de ação, assumir os erros, conhecer o queixoso, levar a discussão para um ambiente privado, assumir os erros, não prolongar as discussões e aprender com as crises, de forma a não cometer novamente os mesmos erros.

Normalmente as administrações hospitalares têm a receio das redes sociais. Para as equipas de comunicação, o primeiro desafio é convencê-los de que as redes sociais não são o inimigo. As instituições devem ter uma presença online e saber geri-la. Morrison [16] defende quatro pontos-chave para a gestão de crises nas redes sociais das instituições hospitalares:

- i. entender que o público das redes sociais é tão importante quanto o público tradicional das televisões e jornais; mantê-los informados e atualizados é de extrema importância;
- ii. não responder à audiência das redes sociais, durante uma crise, faz com que a voz do hospital não seja ouvida na discussão;
- iii. abafar a comunicação nas redes sociais silencia os queixosos, mas também silencia os defensores da instituição não sendo, por isso, uma boa solução;
- iv. entender os mecanismos das redes sociais, elaborar um plano de resposta previamente e estar preparado para responder com eficiência numa crise.

III. CARATERIZAÇÃO DO ESTUDO

Pretende-se com o presente estudo a criação de um modelo de apoio à gestão da comunicação na crise no contexto das instituições hospitalares.

Serão estudados vários casos, que nos ajudarão a compreender a reação das instituições hospitalares às situações de crise nas redes sociais e a identificar as medidas tomadas para as evitar. Este é um estudo misto pois serão recolhidos dados quantitativos e qualitativos. Iremos recorrer às técnicas de questionário e de observação para a recolha de dados.

No momento inicial deste trabalho começou por se fazer um levantamento das instituições que possuem páginas de redes sociais, qual a interação permitida ao público nas páginas existentes e qual o tipo de gestão das mesmas.

Em Portugal existem 47 instituições hospitalares públicas, sendo que, destas, 4 têm gestão privada (parcerias público privadas). 47% dessas instituições são Centros Hospitalares (agrupamentos de hospitais), 36% são instituições hospitalares individuais e 17% Unidades Locais de Saúde (agrupamentos de hospitais com cuidados de saúde primários e cuidados continuados).

Todas as instituições referidas têm website, apesar de nem todas terem a informação atualizada. 30% apresentam na sua página inicial a ligação às páginas das redes sociais.

Na tabela I apresenta-se o número de instituições com páginas de redes sociais, verificando-se que o Facebook é a rede social mais utilizada.

TABELA I. PRESENÇA DAS INSTITUIÇÕES HOSPITALARES NAS REDES SOCIAIS

Rede Social	f	%
-------------	---	---

Rede Social	f	%
Facebook	24	51%
Youtube	3	6%
LinkedIn	4	9%
Twitter	5	11%
Google+	1	2%

Todas as páginas do Facebook permitem aos utilizadores a colocação de comentários nas publicações feitas. No entanto, apenas 63% das páginas permitem que o utilizador faça publicações.

TABELA II. PERMISSÕES AOS UTILIZADORES NAS PÁGINAS DE FACEBOOK

Rede Social: Facebook	f	%
Páginas que permitem publicações	15	63%
Páginas que permitem comentários	24	100%

A média de “gostos” nas páginas de Facebook (no dia 19/02/2016) é de 7.185; sendo a página com mais gostos a do Instituto Português de Oncologia de Lisboa, com 41.574 gostos, e a que detém menos gostos a da Unidade Local de Saúde Litoral Alentejano EPE, com 11.

IV. TRABALHO FUTURO

Após a pesquisa inicial que detinha o intuito de conhecer a realidade das instituições hospitalares portuguesas e da sua presença nas redes sociais, concluímos que a rede social mais relevante é o Facebook. Assim, iremos direcionar o nosso estudo para esta rede.

O próximo passo é perceber a representatividade do número de “gostos” nas páginas de Facebook, tomando como referência a área de abrangência dos Hospitais.

Pretendemos construir um questionário a aplicar nos hospitais que estão presentes no Facebook, de forma a compreender como é feita a gestão da página: frequência de publicações, tipo de publicações, se têm profissionais especializados para a sua gestão, qual a interação com o público, se os utilizadores fazem reclamações por esta via, se têm um plano de comunicação definido, qual o tipo de resposta da instituição a possíveis reclamações, e outras questões que, no decorrer do nosso estudo, se revelem importantes.

Procederemos também ao estudo de crises nas redes sociais no contexto das instituições hospitalares, analisando a forma como foram geridas e à utilização de ferramentas de monitorização das redes sociais.

Pretendemos construir uma entrevista a realizar a empresas já com larga experiência no mundo das redes sociais, de forma a tentar perceber quais as metodologias que poderemos aplicar nas instituições hospitalares.

V. CONCLUSÕES

Este é um trabalho em curso, que está ainda na sua fase inicial. Consideramos que analisando a realidade nacional, o mercado privado e a forma como, até aqui, as instituições hospitalares têm reagido ao que acontece nas redes sociais, teremos na posse dos dados importantes para criação de um modelo de gestão de crise nas redes sociais aplicado à realidade destas instituições.

Com a construção de um modelo simples e eficiente para monitorizar e gerir a crise nas redes sociais espera-se melhorar a comunicação entre instituições e utilizadores, facilitando a gestão de comunicação nas instituições e o acesso dos utilizadores à informação. Entendemos que um modelo simples pode ser aplicado por qualquer profissional que demonstre sensibilidade nesta temática. No entanto, a contratação de profissionais de comunicação deve ser considerada como um investimento na melhoria da imagem da instituição contribuindo para um maior envolvimento da população e consequentemente uma maior satisfação com os cuidados prestados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] R., Costa, Por um novo conceito de comunidade: redes sociais, comunidades pessoais, inteligência coletiva, *Interface - Comunicação, Saúde, Educação*, 9 (17), pp. 235-248, 2005.
- [2] Grupo Markttest, Os portugueses e as redes sociais, obtido de <http://www.markttest.com/wap/a/grp/p-96.aspx>, a 19 de fevereiro de 2016.
- [3] M. F. Ferreira, & C. Silva, Reformas da gestão na saúde - desafios que se colocam aos enfermeiros. *Revista de Enfermagem Referência*, III Série, (8), 2012.
- [4] J. Costa, A sustentabilidade dos sistemas de saúde. *Revista Portuguesa de Gestão e Saúde*, 8, pp. 12-17, 2012.
- [5] M. G. Pinho, Trabalho em equipe de saúde: limites e possibilidades de atuação eficaz. *Ciências & Cognição*, 8, pp. 68-87, 2006.
- [6] M. Vendemiatti, E. S. Siqueira, F. Filardi, E. Binotto, & F. J. Simioni, *Conflito na gestão hospitalar: o papel da liderança*. 15, pp.1301-1313, 2010.
- [7] C. G. Marques & A. A. A. Carvalho, Experiências Pedagógicas de Utilização de Ferramentas da Web 2.0 no Ensino Superior. In J. A. V. Iturbide, F. J. G. Peñalvo & A. B. G. González (Eds.), *X Simposio Internacional de Informática Educativa (SIIIE08)*. Salamanca: Ediciones Universidad Salamanca, 2008.
- [8] A. Primo, O aspecto relacional das interações na Web 2.0. *E- Compós*, 9, pp. 1-21, 2007.
- [9] T. Ruão, F. Lopes, S. Marinho, Z. Pinto-Coelho, & L. Fernandes, *Fontes e Assessorias em Saúde: duas faces da mesma moeda?* Braga: Universidade do Minho, 2012.
- [10] G. L. Kreps, E. W. Bonaguro, & J. L. Query Jr., The history and development of the field of health communication. In L. Jackson, & B. Duffy (Eds.), *Health Communication Research: A Guide to Developments and Directions* (pp. 1-15). Westport, CT: Greenwood Press, 1998.
- [11] V. T. Covello, Best Practices in Public Health Risk and Crisis Communication. *Journal of Health Communication*, pp. 5-8, 2010.
- [12] A. T. Pereira, As empresas e as redes sociais. *Jornal de Negócios*, obtido de <http://tinyurl.com/z7q6mhl> em 30 de janeiro de 2016, 2011.
- [13] A. S. Moorhead, D. E. Hazlett, L. Harrison, J. K. Carroll, A. Irwin, & C. Hoving, National Center for Biotechnology Information, *Journal of Medical Internet Research*, obtido de <http://tinyurl.com/z47asku> a 6 de fevereiro de 2016, 2013.

- [14] D. Thomas, 16 Best Practices for Social Media Crisis Communications from BlogWorld, Salesforce, *Marketing Cloud*, obtido de <http://tinyurl.com/z283w8e> a 10 de janeiro de 2016, 2011.
- [15] Academia do Marketing. Gerenciamento de crises nas redes sociais, *Academia do Marketing*, obtido de <http://tinyurl.com/hhph5aq> a 25 de janeiro de 2016.
- [16] M. Morrison, Hospital crises management: Keep your social media audience involved, *Hospital Impact*, obtido de <http://tinyurl.com/gspr5qm>, a 25 de janeiro de 2016, 2011.

Incidencia del internet en el desarrollo económico de los países miembros de la Comunidad Andina

Impact of the Internet on economic development of the member countries of the Andina Community

Kruzkaya Ordóñez

Departamento de Comunicación
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja - Ecuador

keordonez@utpl.edu.ec

Pascual García

Departamento de Economía
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja - Ecuador

pgarcial@utpl.edu.ec

Marlon Ramón

Departamento de Economía
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja - Ecuador

mgramon@utpl.edu.ec

Resumo — El desarrollo económico de un país se lo concibe desde varias perspectivas, una de ellas es la tecnológica y, dentro de él, el internet que es una herramienta que promueve la innovación empresarial, la inclusión social a través de servicios asociados a la educación, salud, etc. En este contexto, el presente documento, muestra un análisis de la incidencia del internet en el desarrollo económico de los países miembros de la Comunidad Andina que mantienen economías emergentes y cuya posibilidad de despegue económico se presenta de la mano de la red ya que el uso intensivo de esta, se considera, puede disminuir las brechas digitales y, por ende, desarrollar las económicas de dichos países ya que tienen un largo camino por recorrer.

Palabras Clave – internet, desarrollo económico, países Comunidad Andina, impacto.

Abstract – The economic development of a country is conceived from several perspectives, one of them is the technology and, within it, the Internet that is a tool that promotes the business innovation, the social inclusion through services related to education, health, etc. In this context, this document, shows an analysis of the incidence of the Internet in the economic development countries members of the Andina Community that keeps economies emerging and whose possibility of economic take-off occurs at the hands of the network and that this intensive use of this, it is considered, it can decrease the digital divides and thus develop the economic of these countries because they have a long way to go .

Keywords – internet, economic development, country países Andina Community, impact

I. ESTADO DE ARTE

En la actualidad, el internet se ha convertido en una herramienta de información básica y de interacción social, lo que Castells denomina la sociedad red en la cual el “Internet es el corazón de un nuevo paradigma sociotécnico que constituye en realidad la base material de nuestras vidas y de nuestras formas de relación, de trabajo y de comunicación” [1].

Las tecnologías en el contexto de la Sociedad de la Información cumplen un “doble objetivo: en primer lugar, para posibilitar la circulación de información que requiere la globalización y mejorar la productividad y rentabilidad del conjunto de la economía. Y, en segundo lugar, para promover, también el crecimiento económico en las propias industrias de la información y la comunicación, como un espacio más para la expansión capitalista”[2].

En este sentido, las tecnologías digitales basadas en el internet según el informe del Banco Mundial, recientemente publicado, señala que “han ampliado extraordinariamente la base de información, reducido los costos de la información y creado bienes de información. Esto ha facilitado la búsqueda, la combinación y el intercambio de información, y contribuido a una mayor organización y colaboración entre agentes económicos” [3].

Así también el desarrollo tecnológico ha permitido la ampliación de los “intercambios socioculturales (informativos, culturales, de servicios de comunicación) no comerciales y modifica la naturaleza económica de los bienes o servicios de comunicación [...]” [4] pasando a ser estos servicios abundantes, nada onerosos y con un abaratamiento en la reproducción.

Por lo tanto, el internet como una política de aporte al desarrollo de los países de América Latina, en unos con mejor aprovechamiento que en otros, “ha facilitado el intercambio de información, ha hecho que la administración de los negocios sea más eficaz y que el consumidor tenga mayor elección, y ha tenido, y seguirá teniendo, consecuencias profundas en la productividad que, en general, han sido favorables para las actividades económicas de rutina [5].

En consecuencia el ritmo de crecimiento del internet y su incidencia en el desarrollo económico, depende de las

estrategias que cada nación promueva para la adopción de políticas y normas que permitan una completa introducción tecnológica, que aún se encuentra en una fase emergente, en transición con miras a una transformación de los mercados digitales de uso-consumo y servicios.

Bajo este marco, la propuesta del artículo se sustenta en el análisis y sistematización de indicadores sobre el uso y penetración del internet y su incidencia en el desarrollo económico de los países miembros de la Comunidad Andina: Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia.

Las nuevas tecnologías en estos países emergentes se asocia con el cambio y desarrollo, puesto que “de la mano de la red es posible generar más puestos de trabajo, ganar competitividad, ahorrar costos y aumentar la productividad” [6]

II. INTERNET

A. El internet y su asociación con el Desarrollo

Los beneficios del internet y las nuevas tecnologías se reflejan en los niveles de penetración que tienen en las economías, puesto que en el mundo empresarial “el internet promueve la inclusión de firmas en la economía mundial mediante la expansión del comercio, aumenta la productividad del capital e intensifica la competencia en el mercado” [7].

La contribución del internet ha sido favorable en las empresas jóvenes cuya expansión comercial la visualizan a través de la red, atribuyéndose este escenario al hecho de que el “internet reduce costos y, en consecuencia, aumenta la eficiencia y la productividad de la mano de obra en prácticamente todos los sectores de la economía” [8].

De lado de los usuarios, las facilidades de información, interacción y transacción que se establecen a través de la red, han permitido que el internet se convierta en un bien intangible indispensable y de uso cotidiano.

En consecuencia el internet es considerado una “fuente permanente de información y conocimiento que promueve innovaciones en todos los ámbitos. En especial, pueden traducirse en mayores niveles de productividad, competitividad e inclusión social al facilitar la prestación de servicios, como los de educación, salud y gestión gubernamental” [9].

Para Katz (2012) el desarrollo del internet está medido de acuerdo al nivel de digitalización que tenga un territorio, a través de varios indicadores expuestos en el siguiente figura 1.

Figura 1. Índices de Digitalización.



Fuente: Adaptación de la propuesta R. Katz, “Diálogo sobre Políticas de Banda Ancha en América Latina y Europa” Barcelona 2012, p. 16.

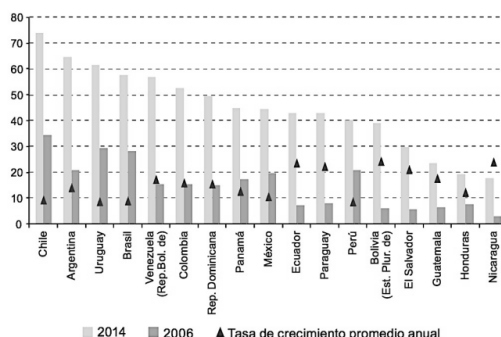
Por lo cual los gobiernos no pueden estar ajenos a los procesos de digitalización en razón de que el acceso, la asequibilidad a través del servicio de banda ancha, las aplicaciones y los contenidos conllevan, de alguna forma, a maximizar el crecimiento económico.

B. El internet en América Latina y el Caribe

Según el informe de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2015), el rango de penetración del internet en América Latina y el Caribe va en ascenso, duplicándose el número de usuarios en los últimos 8 años “pasando del 20,7% al 50,1%” [10], sin embargo este crecimiento no permite cerrar las brechas digitales existentes que van de la mano con las políticas públicas de cada país, los recursos destinados para su aplicación; el internet y la accesibilidad en relación a las características territoriales.

En tanto que, de los países en estudio (Bolivia, Ecuador, Perú y Colombia), el que ha conseguido mayor crecimiento de acceso por el número de usuarios es Perú, sin embargo, el crecimiento de “Ecuador [...] Colombia y Bolivia (Estado Plurinacional de) fue suficiente para mejorar su posición en el contexto regional” [11].

Figura 2. Evolución de Internet por número de usuarios en América Latina y el Caribe



El crecimiento que se aprecia en los países miembros de la Comunidad Andina se deriva de las políticas públicas reflejadas en sus planes digitales nacionales y a su compromiso adquirido como países latinoamericanos a través de la Declaración de Florianópolis, documento en el cual se considera que las “tecnologías de información y comunicación constituyen el eje central de la construcción de la economía global basada en el saber y en la conformación de la sociedad del conocimiento y que, en consecuencia son la base de una nueva organización y de producción a escala mundial” [12].

Otra de las referencias, que aprecia al internet como una red internacional de gestión y de aplicación de políticas públicas, es el informe del Banco Mundial “dividendos digitales” en el que se identifican tres áreas prioritarias de actuación: “gestión de Internet, la creación de un mercado digital internacional y el suministro de bienes públicos mundiales, entre los que figuran aquellos que promueven la reducción de la pobreza y la sostenibilidad ambiental” [13].

En el marco de la apertura que los países miembros de la Comunidad Andina dan al mercado de las tecnologías y su consecuente aplicación de las políticas públicas de las TICS, se observa que Perú y Bolivia, se ubican entre los países seguidores “que no quieren asumir el riesgo de la innovación en la formulación de marcos regulatorios y tiene que adaptarse a normas colectivas formuladas por instituciones supranacionales” [14], en tanto que Ecuador se ubica entre los países rezagados “que necesitan una gran cantidad de ejemplos de naciones que hayan adoptado un cambio en el marco regulatorio para poder modificar el suyo” [15].

Tabla 1. Clasificación de países según aplicación de políticas y apertura de mercados.

PAPEL EN LA DIFUSIÓN	TOPOLOGÍA	PAÍSES
Instigadores	Líderes	
	Innovadores	Chile, Venezuela, Guatemala
Seguidores	Moderados	Brasil
	Indecisos	Argentina, Perú, El Salvador, Bolivia, México
Rezagados	Conservadores	Ecuador
	Esnobs	Costa Rica, Uruguay

Fuente: Katz, (2009).

Si bien es cierto que el desarrollo e implementación del internet no han tenido un proceso homogéneo entre los países a nivel internacional, incluso menos entre las regiones dentro de la misma nación, se puede afirmar que la región Andina presenta un incremento sostenido en la penetración e implementación de teléfonos móviles e internet, lo que ha permitido un aumento en la inclusión hacia sociedades de la información; empero, esto no ha generado consigo un incremento sustancial y perceptible en el PIB de cada país relacionado con el uso del internet. A pesar de que en Latinoamérica (incluyendo la región Andina) desde el año 2000 se reconoció públicamente la importancia de las TICS en el desarrollo haciendo hincapié en el peligro de “perseguir permitiendo que la evolución de la sociedad de la información y del conocimiento sea conducida solamente por los mecanismos del mercado lo que conlleva el riesgo de aumentar las brechas sociales en las sociedades, creando nuevas modalidades de exclusión, de expandir los aspectos

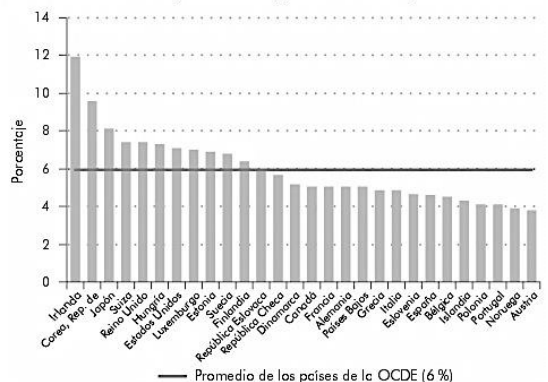
negativos de la globalización y de incrementar la distancia entre países desarrollados y en vías del desarrollo” [16].

C. Cómo el internet puede coadyuvar y promover el desarrollo económico.

El internet ha ampliado y ensanchado de una forma extraordinaria la plataforma informacional, reduciendo los costos de transacciones, obtención de datos e información. A su vez, ello ha facilitado el conocimiento, búsqueda, intercambio y retroalimentación de información que se traduce en mayor organización y colaboración entre empresas, estados y agentes económicos. Esta dinámica conlleva una homogenización en la manera de organizar la información por parte de las empresas y países lo que, por ende, influye en su *modus operandi*. Debemos ser claros y precisar que estos cambios no solo son palpables en las transacciones económicas y el *e-comercio* (empresas como amazon, alibaba, airbnb, etc.) sino que también están inmiscuidos y son beneficiados otros agentes sociales tales como: mayor inclusión de las mujeres en la fuerza laboral, penetración y posicionamiento global de proyectos artesanales de zonas rurales, mejoramiento y facilitación de personas con discapacidades, *incubator projects* o bien pequeños *starts up*, cuya finalización de proyectos pueden generar encadenamientos hacia adelante y hacia atrás.

Hoy por hoy el sector del internet y las TICS es un segmento ínfimo de la economía, puesto que según datos de la OCDE y plasmados en el último informe del Banco Mundial (2016) aún el promedio en la proporción del sector de TICS e internet en el PIB de los países miembros de la OCDE gira en torno al 6% del total, incluso en Estados Unidos (país que alberga 8 de las 14 compañías de tecnología más grandes del mundo en términos de ingresos) la contribución del sector de TICS al PIB es de aproximadamente del 7%, lo que lleva a plantearnos la imperiosa necesidad de hacer una propuesta nacional de inclusión del uso de las TICS y el Internet cuyo objetivo primigenio sea la consecución de una sociedad basada en la información con equidad social [17].

Figura 3. Proporción del PIB países miembros de la OCDE 2011



Fuente: OCDE, 2014; total Economy Database of The conference board, enero de 2014; equipo a cargo del informe sobre el desarrollo mundial 2016. Datos: http://bit.do/WDR2016-FigO_10.

I. MÉTODO

Como se mencionó el proceso de penetración e implementación del uso de las TICs y del internet, ha sido muy dispar, incluso dentro de un mismo país, es por ello también la dificultad de poseer datos homogéneos que permitan realizar un estudio comparativo entre los países andinos, por lo que se decidió enfocar nuestra investigación en dos vertientes: 1. una primera enfocada en dar luz al hecho de identificar el uso del internet en la región andina con propósitos empresariales, transacciones monetarias, compras, utilización del internet en segmentos económico-productivo: la región se encuentra en una fase de implementación, dónde existe un gran camino por recorrer a comparación de países como Estonia o Hungría, y 2. El otro punto de nuestra investigación versa en la necesidad de difundir y proponer una propuesta de desarrollo, que involucre el uso adecuado del internet, es decir, descubrir sus potencialidades dentro de la economía andina, dónde el papel de los estados debe ser fundamental en la penetración y ampliación del uso del internet, por ende, la creación de planes integrales que involucren el promover tanto la infraestructura de acceso como el desarrollo de contenidos y métodos para la adopción de tecnología no basta con el hecho de acoplar contenidos y comprar infraestructura creada y desarrollada por los países industrializados, sino que los estados deberían tener la responsabilidad y visión de crear las propias.

II. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Según datos obtenidos por la Secretaria General de la Región Andina, en el año 2011 el promedio de personas que utilizaban internet oscilaba los 34-35%, siendo Colombia y Perú los de mayor uso del internet (35-36%, respectivamente) y con 2 puntos porcentuales menos Ecuador y Bolivia, aún muy lejos de países como Uruguay y Argentina con 52.8% y Costa Rica con 45.3%. Peor aún si tomamos como referencia los datos de países miembros de la OCDE, ya que la región andina tiene mucho por mejorar, debido a que países como Holanda, Irlanda y Estonia poseen tasas de 89.7, 89.6 y 63%, respectivamente. Ello nos lleva a cuestionar el papel de las empresas privadas y de los estados en la penetración y expansión del uso del internet y las TICs en la región andina.

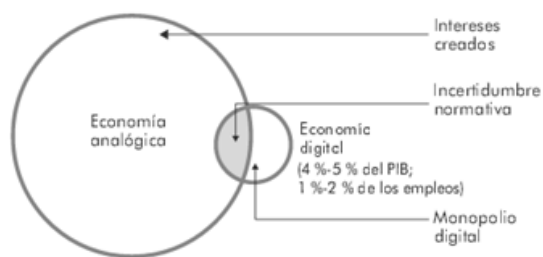
Gráfico 2: personas que utilizan el internet en la región andina por sexo 2010-2011

País	2010			2011			Variación absoluta 2011/2010
	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	
Comunidad Andina	34,3	36,1	32,3	37,0	38,5	35,2	2,6
Bolivia 1/	31,0	33,2	26,0	32,5	34,9	27,3	1,5
Colombia	36,5	36,9	36,1	40,4	40,6	40,2	3,9
Ecuador	29,0	29,9	28,2	31,4	32,0	30,8	2,4
Perú	34,8	38,9	30,5	36,0	39,7	32,3	1,2

Elaboración: Secretaria General de la Región Andina. 2011 Estadística. Fuente. Ídem.

Como podemos observar en países del sur americano, la diferencia es casi del doble de usuarios. El último informe del Banco Mundial “Dividendos digitales” es contundente y matiza la apología que se ha construido en torno al internet y sus beneficios vinculados al desarrollo, donde una de las respuestas a este tan heterogéneo y dispar beneficio del internet podría ser el hecho de la rápida adopción de las tecnologías digitales en la economía puesto que evidencia que sus rendimientos sean muy dispersos y sus impactos en el crecimiento y en el desarrollo sean muy difíciles de cuantificar; muy a pesar que el internet se ha convertido en una parte de nuestras vidas y de la infraestructura con la que cuentan los estados (equiparable al uso de transporte o el uso de energía eléctrica) también podemos aseverar que en un futuro, no muy lejano, podrá ser considerado como uno de los factores de la producción de cuasi cualquier actividad económica, mientras tanto a nivel agregado será aun difícil poder cuantificar el impacto real de las tecnologías como el internet. Aunado a la dispar penetración y adopción del internet en las empresas, es el factor del crédito para dar ese cambio tecnológico, en la gran mayoría de países en vías del desarrollo aún persiste una economía basada en la tecnología analógica, donde los intereses creados décadas atrás sobrepasan de sobremanera los intereses apenas embrionarios de una economía digital.

Figura 4: Factores que explican el menor nivel de adopción de las tecnologías digitales en las empresas



Elaboración: Equipo a cargo de elaboración del Informe sobre Desarrollo Mundial 2016; World Bank, 2016.

A pesar de que una buena parte de la población, sobre todo los jóvenes, están familiarizados con el internet, el uso de la información, la era de la tecnología digital, *Digital Age*, o *Information Age* [18] estamos hablando de una revolución iniciada hace menos de 30 años, por lo cual los procesos de cambio-innovación son rápidos, sin embargo las normativas legales son procesos que llevan más años, así como revertir esos intereses creados durante los últimos 50-70 años hacia intereses enmarcados en la economía digital. Es por ello que consideramos que el uso y penetración del internet en la región andina también se ha visto rezagado en comparación con otras áreas. La poca cultura de *Entrepreneurship and innovation* pueden ser también un factor importante en este atraso, así como el abandono por parte del estado en la decisión de inmiscuirse en este cambio tecnológico dándole plenas capacidades de acción a la empresa privada que solo busca su

beneficio en la captación de usuarios sin una visión a largo plazo y en el involucramiento a otras empresas como coadyuvantes a la mejora de las TICS y su consecuente desarrollo económico.

III. CONCLUSIONES

Finalmente nos gustaría concluir el hecho de que el uso del internet, su beneficio, innovación e implementación, debería ser una tarea de tres agentes sociales que son: las empresas, las personas y los gobiernos.

Figura 5. Cómo los tres entes pueden coadyuvar en el desarrollo y beneficio global del internet y las TIC



Elaboración: Equipo a cargo de elaboración del Informe sobre Desarrollo Mundial 2016; World Bank, 2016.

El desarrollo del internet y su incidencia en la economía depende de la aplicación prominente de las políticas digitales establecidas por los países andinos: Ecuador, Bolivia, Perú y Colombia, por lo cual se sugiere un incremento del ancho de banda como una clave para el desarrollo y con ello mejorar la conectividad y acceso, por ende la productividad y competitividad de las empresas, emprendimientos digitales, así como también la calidad en la educación y salud, que son elementos que significan un mejoramiento del entorno.

Los ejes de acción que establecen los países andinos son homogéneos, sin embargo, su impulso depende de los recursos que se destinen desde los gobiernos y el aporte del sector privado, dualidad que marcaría un beneficio mutuo, además de la incorporación de nuevos usuarios a las tecnologías.

La rápida adopción de las tecnologías digitales desde el punto de vista económico evidencian que sus rendimientos son dispersos así como sus impactos en el crecimiento y desarrollo sean muy difíciles de cuantificar pese a que el internet se ha convertido en una herramienta indispensable en la vida diaria.

Los países que conforman la comunidad andina según el informe de la CEPAL 2015 han conseguido un crecimiento significativo en el rango de penetración del internet, sin embargo, tienen un largo recorrido para que el internet funja un papel importante en sus economías.

Las regulaciones que se establecen en torno al internet deben atender la seguridad como un tema primordial y la activación de la economía: para el Estado, como promotor de este recurso, para las empresas, como generadores de propuestas de negocios basados en tecnología y para el usuario, como demandante de este servicio. Ello permitiría eliminar el modelo coercitivo que pueden generar los monopolios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Castell, Internet y la sociedad red. La Factoría N° 14-15. 2001, p. 18.
- [2] [4] R. De Mateo, Reflexiones sobre el proceso de cambios en la estructura de la industria de la comunicación y la gestión empresarial. En F. Campos, El nuevo escenario mediático: Eds. Comunicación Social, 2011, pp. 109-112.
- [3] [7] [8] [13] [17] Banco Mundial. Informe sobre el desarrollo mundial 2016: Dividendos digitales, cuadernillo del “Panorama General”. Washington: World Bank. 2016, pp. 8-37
- [5] M. Feldman, La revolución de Internet y la Geografía de la Innovación. 2002.
- [6] Cronista.com. Economía Finanzas inversiones. (2016). <http://www.cronista.com/columnistas/El-impacto-economico-de-Internet--20120517-0096.html>
- [9] CEPAL. Acelerando la revolución digital: banda ancha para América Latina y el Caribe. Naciones Unidas 2010, pp. 10-14.
- [10] [11] CEPAL. Estudio Económico de América Latina y el Caribe. Desafíos para impulsar el ciclo de inversión con miras a reactivar el crecimiento. Publicación de las Naciones Unidas, 2015, pp. 141-142.
- [12] Declaración de Florianópolis. CEPAL. 2000. <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/2/4312/florianopolis.htm>.
- [14] [15] R. Katz, El Papel de las Tic en el Desarrollo. Propuesta de América Latina a los retos económicos actuales. Eds. Fundación Telefónica, 2009, pp. 127-128.
- [16] CODESI. CODESI. Perú. (s.f.)
- [18] M. Castells. The information Age, Volumes 1-3 Economy, Society and Culture. Oxford: Wilwey-Blackwell. 1999.
- R. Katz, “Diálogo sobre Políticas de Banda Ancha en América Latina y Europa” Barcelona 2012, p. 16.
- OCDE, 2014: total Economy Database de The conference board, enero de 2014; equipo a cargo del informe sobre el desarrollo mundial 2016. Datos: <http://bit.do/WDR2016>-Fig.10.

Game Design Workshop to Develop Computational Thinking Skills in teenagers with Autism Spectrum Disorders

Roberto Munoz^{1,3}, Thiago S. Barcelos^{2,4}, Rodolfo Villarroel³, Ismar Frango Silveira⁴

¹ Universidad de Valparaíso, Chile

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil

³ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

⁴ Universidade Presbiteriana Mackenzie, Brasil

roberto.munoz@uv.cl, tsbarcelos@ifsp.edu.br, rodolfo.villarroel@ucv.cl, ismar@mackenzie.br

Abstract — Computational Thinking (CT) has been described as the use of abstraction, automation and analysis skills for problem solving, thus becoming a set of fundamental skills for the 21st century. Many initiatives have emerged to promote early development of CT skills. However, to date, there are no studies in which CT is developed in minority groups, such as individuals with Autism Spectrum Disorders.

In this paper we present the design and evaluation of a Game Design Workshop aimed at teenagers with Autism Spectrum Disorders. An analysis of the artifacts produced by the participants of a pilot offering of the workshop was performed using a rubric for CT skills acquisition. The results showed that the participants, all of them with high-functioning autism and no previous experience with programming, acquired intermediate level skills related to CT.

Keywords - autism spectrum disorders; computational thinking; digital games; scratch.

I. INTRODUCTION

Autism Spectrum Disorder (ASD) is a neurodevelopmental condition characterized by a decrease in social interaction, communication, creativity, imagination and organization of daily activities of those who have this condition [1]. Currently there is an increase in the number of children diagnosed with ASD, which reminds us of the necessities of this community [2]. In the majority of cases the characteristics of a person with ASD will continue for the rest of his or her life; however, people who have this disorder can improve their condition with the aid of multidisciplinary teams [3].

Computational Thinking (CT) represents a terminology that embraces the complex set of reasoning processes that are held for problem stating and solving so that solutions are described in a way that a computational tool could effectively carry them out [4]. CT is currently used to describe the cognitive processes related to abstraction and decomposition to allow resolution of problems using computational resources and algorithmic strategies, among other skills [4]. According to Wing, these skills are of universal application. The reason is that they may be learned and used by all individuals, helping them to understand the contents of other scientific areas.

However, to the best of our knowledge, no initiatives to develop CT skills in minority groups such as ASD can be identified.

Activities that involve students in building digital games is a didactic strategy that is frequently used in the development of CT skills [5],[6]. One frequently mentioned reason to justify this strategy is that children and teenagers are usually attracted to and have a high interest in digital games. It is also important to point out that the construction of digital games is an activity that incorporates some features of a design process, such as reflection in action, as described by Schön [7]. Also, building their own artifacts can lead students to more independent reasoning; this is a crucial feature of constructivism [8].

Based on the reasons stated above, in this paper we describe the design and evaluation of a Game Design Workshop aimed at developing CT skills in teenagers with ASD. The sequence of proposed activities and their development is aimed at some specific needs of this group. The workshop was offered to a pilot group in January 2016 and its preliminary results indicate that participants had a notable development in skills related to logical reasoning and parallelism. Moreover, participants showed a high interest in the proposed activities, with 100% of assistance in 10 sessions.

The remainder of the article is organized as follows: in section II we present and discuss the structure and activities of the Game Design Workshop for teenagers with ASD. In section III the preliminary results are presented and discussed and in section IV we present the conclusion and future works.

II. DESIGN PRINCIPLES FOR THE GAME DESIGN WORKSHOP FOR TEENAGERS WITH ASD

The workshop design followed the principles defined in TEACCH (Treatment and Education of Autistic and Related Communication Handicapped Children). The main goal of TEACCH is to help autistic children grow up to a maximum autonomy at adult age. This includes helping them understand the world around them, acquiring communication skills that will enable them to relate to other people, and giving them the

competence to be able to make choices concerning their own lives. The principles that were specifically applied in the workshop design were [9]:

- (1) Understanding the culture of autism.
- (2) Structuring the physical environment.
- (3) Using visual supports to make the sequence of daily activities predictable and understandable.
- (4) Using visual supports to make individual tasks understandable.

These principles were considered for the development of learning materials and for structuring the environment where the activities were performed. Moreover, the game design and construction activities included in the workshop followed the principles for game design activities with didactic purposes identified by [10]:

- (1) The motivation for all activities should be the implementation of some features of a game.
- (2) The sequence of activities must propel students to building full-featured games.
- (3) Activities must progressively require that students explore new concepts and, at the same time, reuse concepts that were previously explored by them.
- (4) Game mechanics should be simple and bring references to the world of "real" games that are meaningful to students.

The workshop is composed by 10 sessions. Each meeting is 90 minutes long with a break of 15 minutes in the middle of the session. In each session the teacher proposes that students build one of more interaction mechanisms related to digital games. In the first five sessions the activities are focused on fundamental programming concepts such as variables, conditional and loop structures. The first activities also introduce students to concepts specifically related to game development, such as sprite animation, collision and keyboard and mouse events. The workshop activities should be developed in a computer laboratory with the Scratch programming environment. Scratch was chosen due to its simplicity and the previous experience of our research group with the environment. After students are introduced to basic programming and game development concepts, the goal of the last four sessions is that students build a simplified version of the well-known Super Mario Bros. game.

A. Participants' profile

Four male students participated in the pilot offering of the workshop. All participants were diagnosed with high-functioning autism. Their average age was 12.5 years with a standard deviation of 1.29. None of the participants had previous experience with programming; however, all of them had computers at home. Only one of the participants did not have Internet connection at home. All participants had a high interest in digital games, mainly those associated to the platform and point-and-shoot genres.

Considering the recommendations proposed by World Health Organization (WHO), parents or tutors of the participants received and signed an informed consent document. Participants also had to sign a consent document in order to take part in the workshop.

B. Workshop structure

The contents of each of the ten workshop sessions, as well as the games used to motivate each activity, are presented in Table I.

TABLE I. GAME DESIGN WORKSHOP ACTIVITIES

Session	Game	Contents
1	Introduction to the Scratch programming environment	Sprite and sprite collision
2	Bat collision game	Simple conditional structures
3	Fishing – part 1	Cartesian coordinates and variables
4	Fishing – part 2	Conditional and iteration structures
5	"Infinite Walker" game	Background scrolling, variable usage
7 - 8	Super Mario Bros	Game customization (background definition, costumes, music), definition of player movements
9	Super Mario Bros	Background scrolling, object collision (ex. Coins, goomba), life counter
10	Super Mario Bros	Sprite selection (selection of game type and characters)

As mentioned in the previous section, the activities proposed in the first five sessions introduce concepts related to programming fundamentals, as well as game development concepts that will be used by students in the development of the final project. To illustrate this strategy, based on principle (3) from [10], we now describe two of the workshop activities.

In sessions 3 and 4 students are asked to implement a game in which random objects are displayed on the screen, simulating fish on the sea (Figure 1) – or even a "tornado", as one of the participants preferred to do. The player should click on an object to score a point, and objects change their position in a random way after a few seconds. The proposed game mechanics demands that students explore and implement programming concepts such as variables and iteration structures. They also need to understand the coordinate system used by Scratch and how to deal with mouse click events.



Figure 1. Example of a “fishing” game implemented by a workshop participant.

In session 5 students are asked to implement an “infinite walker”, a mechanism commonly used in platform games. The main game character simulates a walking movement in the middle of the screen, while background elements are moving “backwards” to give the impression that the character is actually moving forwards. The student should use a variable to store the position of a background element, such as a cloud (Figure 2). It should be pointed out that this mechanism will also be used again by students in order to implement the Super Mario Bros. (clone) as the final project.

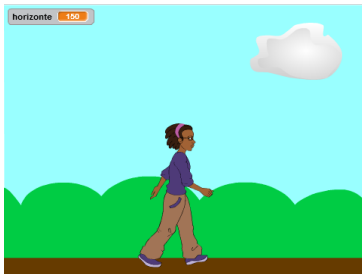


Figure 2. Example of the “infinite walker” mechanism implemented by a workshop participant.

III. PRELIMINARY RESULTS

All games produced by students who took part in the preliminary offering were gathered for posterior analysis. The first author of this article was the workshop instructor for this offering. In each session, notes of relevant events were taken, such as questions made by participants and their interactions with the instructor and with each other.

An analysis of produced games was based on the rubric defined by Moreno-León and Robles to evaluate the development of CT skills [11]. The rubric is presented in Table II.

TABLE II. RUBRIC FOR COMPUTATIONAL THINKING SKILL ACQUISITION

CT Concept	Basic (1 point)	Developing (2 points)	Proficiency (3 points)
Abstraction and problem decomposition	More than one script and more than one sprite	Definition of blocks	Use of clones
Parallelism	Two scripts on green flag	Two scripts on “key pressed” events, two scripts on “sprite clicked” events on the same sprite	Two scripts on “when I receive message” events, creation of clones, two scripts “when %s is > %s”, two scripts on “when backdrop changes to”
Logical Thinking	If	If else	Logical Operations
Synchronization	Wait	Broadcast, when I receive message, stop all, stop program, stop programs sprite	Wait until, when backdrop changes to, broadcast and wait
Flow control	Sequence of blocks	Repeat, forever	Repeat until
User interactivity	Green flag	Key pressed, sprite clicked, ask and wait, mouse blocks	When %s is > %s, video, audio
Data representation	Modifiers of sprites properties	Operations on variables	Operations on lists

According the authors, the overall CT score is calculated by adding up the partial scores of each CT concept. Thus, projects with up to 7 points are considered to prove the acquisition of “Basic” CT skills, while projects between 8 and 14 points are evaluated as “Developing”, and projects with more than 15 points are marked as “Proficient”.

In Table III we present the average score obtained by analyzing the games produced in sessions 2, 6 and 10 of the workshop.

TABLE III. SCORE FOR PROJECTS PRODUCED IN THE PILOT OFFERING

CT Concept	Session 2	Session 6	Session 10
Abstraction and problem decomposition	1	2	2
Parallelism	1	1	1
Logical Thinking	1	3	3
Synchronization	0.5	1.5	2
Flow control	2	2	2
User interactivity	2	2	2
Data representation	1	2	2
Classification	Developing (8.5)	Developing (10.5)	Developing (14)

It is possible to identify that participants reached an intermediate level in CT skills as they advanced towards the elaboration of the final project. Although none of the participants reached an advanced level, this is an expected result given the limited duration and scope of the workshop. In Figure 3 the score obtained by the participants' projects in each of the seven dimensions defined in [11] is presented.

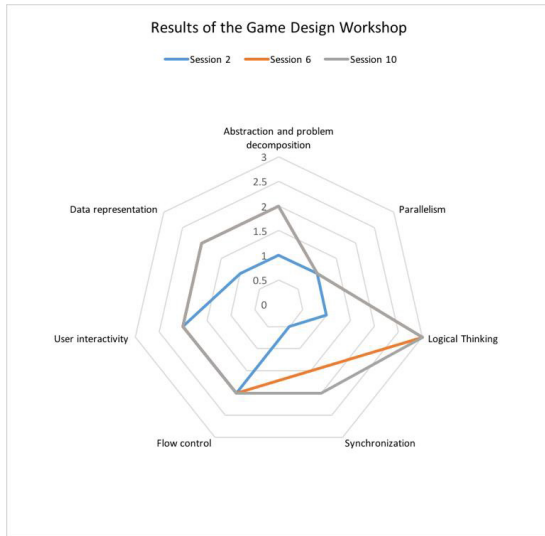


Figure 3. Score for seven dimensions of CT skills in games produced in the workshop pilot offering.

The preliminary results indicate that, as students attend more workshop sessions, there is an increase in the mobilization of CT skills. This is particularly clear in the dimensions related to logical thinking, synchronization and abstraction and problem decomposition. On the other hand, as participants were encouraged to present their advances to their peers throughout the sessions, it was noticed that their relationship with each other was constantly improving, as well as their oral expression skills.

A collaboration scheme was also defined during the workshop, as participants who finished their tasks were allowed to help their peers. This strategy was very relevant during the pilot offering. As the game design activities were highly motivating to the participants, aspects that are diminished by their condition, such as social interaction, could be successfully stimulated.

IV. CONCLUSIONS AND FUTURE WORKS

Computational Thinking refers to a set of reasoning processes for problem solving in order to allow their resolution by some sort of computational tool. Apart from helping the understanding of other scientific areas, these skills may be developed by building digital artifacts, such as digital games. However, currently there are no initiatives to bringing the claimed benefits of developing CT skills to challenged groups such as teenagers with the Autism Spectrum Disorder.

In this paper we presented a Game Design Workshop aimed at teenagers with ASD. The workshop activities are based on guidelines for autism education and game building activities. The results of a pilot offering showed that participants, all of them with high-functioning autism and no previous experience with programming, acquired intermediate level skills related to CT. Additionally, the engagement of participants in a motivating context helped them exercise diminished skills such as social interaction.

Based on the promising preliminary results, in future works we will offer the workshop to a larger public with the ASD condition. The artifacts produced will be analyzed in depth; also, an incorporation of a multimodal analysis of learning effects will be considered.

ACKNOWLEDGMENTS

Roberto Muñoz is partially funded by the INF-PUCV 2015 scholarship grant. Rodolfo Villaruel is funded by the VRIEA-PUCV 2016 039.349/2016 grant. Finally, the authors would like to thank Travis Jones for his valuable contributions to the elaboration of this paper.

REFERENCES

- [1] K. Aitken, "S. Bólte and J. Hallmayer (Eds.): Autism Spectrum Conditions: FAQs on Autism, Asperger Syndrome, and Atypical Autism Answered by International Experts," *J. Autism Dev. Disord.*, vol. 42, no. 9, pp. 2023–2024, Nov. 2011.
- [2] R. Muñoz, T. Barcelos, R. Noel, and S. Kreisel, "Development of Software that Supports the Improvement of the Empathy in Children with Autism Spectrum Disorder," in *Proceeding of the 31st International Conference of the Chilean Computer Science Society*, Valparaíso, Chile, 2012, pp. 223–228.
- [3] F. R. Volkmar, B. Reichow, and L. A. Wiesner, "Autism and Aspergers," in *Encyclopedia of Adolescence*, Elsevier, 2011, pp. 62–67.
- [4] I. Lee, F. Martin, D. Jill, B. Coulter, W. Allan, J. Erickson, J. Malyn-Smith, and L. Werner, "Computational Thinking for Youth in Practice," *ACM Inroads*, vol. 2, no. 1, pp. 32–37, 2011.
- [5] A. Settle, "Computational thinking in a game design course," in *Proceedings of the 12th Conference on Information Technology Education*, West Point, New York, USA, 2011, pp. 61–66.
- [6] M. L. Wu and K. Richards, "Facilitating Computational Thinking through Game Design," in *Proceedings of the 6th international conference on E-learning and games, edutainment technologies*, Taipei, Taiwan, 2011, pp. 220–227.
- [7] D. A. Schön, *The reflective practitioner: how professionals think in action*. New York: Basic Books, 1983.
- [8] P. Freire, *Pedagogia da autonomia saberes necessários à prática educativa*, 36th ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.
- [9] G. B. Mesibov, V. Shea, and E. Schopler, *The TEACCH Approach to Autism Spectrum Disorders*. Springer, 2004.
- [10] R. Muñoz, T. Barcelos, R. Villaruel, and I. F. Silveira, "Diseño e Implementación de un Taller de Programación de Juegos Digitales con Scratch como Apoyo a Fundamentos de Programación," in *Anais dos Workshops do IV Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE 2015)*, Brasil, 2015, pp. 1495–1504.
- [11] J. Moreno-León and G. Robles, "Dr. Scratch: A Web Tool to Automatically Evaluate Scratch Projects," in *Proceedings of the 10th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, London, United Kingdom, 2015, pp. 132–133.

Incrementar la motivación en el aprendizaje de Fundamentos de Programación Java usando Moodle Gamificado

Caso: Universidad Central del Ecuador

Increase motivation in learning Java Programming Fundamentals using Gamified Moodle

Case: Central University of Ecuador

Jéfferson Beltrán

Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática,
Universidad Central del Ecuador
Quito, Ecuador
jtbeltran@uce.edu.ec

Héctor Sánchez, Mercedes Rico

Centro Universitario de Mérida, Universidad de
Extremadura
Mérida, España
sah@unex.es, mricogar@unex.es

Resumen — Gamificar el ambiente de aprendizaje, combinando clases presenciales con una plataforma e-Learning gamificada, es una de las propuestas educativas que incrementa la motivación y compromiso de los estudiantes en el proceso de aprendizaje. La presente investigación analizó, cuantitativa y cualitativamente, el uso de Moodle Gamificado, como una herramienta para mejorar los parámetros mencionados en la realización de tareas autónomas, en un curso presencial de Fundamentos de Programación Java, en la Universidad Central del Ecuador.

Palabras Clave - gamificación; e-Learning; Moodle; programación; motivación.

Abstract — Gamifying learning environments, combining classroom with gamified e-Learning platform, is one of the educational proposals that increases motivation and commitment of the students in the learning process. This research analyzes, quantitatively and qualitatively, the use of Gamified Moodle as a tool to improve the above mentioned parameters by the completion of autonomous tasks, in a Java Programming Fundamentals course at the Central University of Ecuador.

Keywords - gamification; e-Learning; Moodle; programming; motivation.

I. INTRODUCCIÓN

Conseguir de los alumnos una adecuada motivación y compromiso en el proceso de aprendizaje, es uno de los principales problemas que enfrentan los docentes. El profesorado debe tener un papel activo como motivador para el aprendizaje, poniendo a disposición de los estudiantes todos los recursos y estrategias que favorezcan la motivación intrínseca para el estudio, y crear un clima adecuado que fomente la participación y el interés por la asignatura. La motivación

constituye un condicionante decisivo del aprendizaje y el rendimiento académico [10].

En el aprendizaje de programación la motivación también es un factor determinante, los factores intrínsecos que contribuyen en el aprendizaje de programación son la actitud individual, las expectativas, y metas desafiantes, los factores extrínsecos son una clara dirección, la recompensa y el reconocimiento, el castigo y la presión social, y la competencia [11]. La motivación en el aprendizaje de programación es baja, debido principalmente, a la novedad de la asignatura, a la dificultad de aprender conceptos abstractos y en su posterior uso en la resolución de problemas, y a la falta de capacidad de trabajo continuo [1]. El desarrollo de buenas habilidades de programación, por lo general requiere de mucha práctica, que no se puede sostener a menos que los alumnos estén adecuadamente motivados [11]. A los estudiantes les gusta más la práctica que la teoría, pero no les gusta los trabajos autónomos, existe entonces una falta de motivación por el autoaprendizaje [9].

En este contexto, los docentes deben buscar estrategias, métodos y herramientas para motivar a los estudiantes que son “nativos digitales” y diseñar actividades centradas en los alumnos para el desarrollo de sus competencias [4]. Se deben plantear, métodos y herramientas para mantener e incrementar la motivación por los trabajos y tareas fuera del aula [9], así como hacer del aprendizaje de programación emocionante y agradable [11].

Para mejorar la motivación de los alumnos en las tareas autónomas en el aprendizaje de programación, surge la Gamificación como un método eficaz para lograr cambios positivos en el comportamiento de los alumnos y la actitud hacia el aprendizaje, para mejorar su motivación y

compromiso. El e-Learning es adecuado para una fácil y eficaz integración de la Gamificación, así como también ayuda al docente a tener un sitio con todos los recursos académicos. Las técnicas y mecanismos de juego puedan ser aplicadas en el proceso de aprendizaje como actividades que tienen como propósito lograr ciertos objetivos de aprendizaje, aumentar la motivación de los alumnos y que participen en un agradable entorno competitivo con otros estudiantes [3]. La Gamificación y la aplicación de las mecánicas y dinámicas de juego y los procesos e-Learning, influyen en la mejora del rendimiento de los estudiantes, principalmente en la participación de sus tareas en ambientes virtuales y asistencia, y en menor medida en las calificaciones [2] [13].

El propósito de la presente investigación, es presentar los resultados de la experiencia de uso de Moodle Gamificado, con el objetivo de incrementar la motivación y el compromiso en la realización de tareas autónomas, dentro del proceso de aprendizaje de fundamentos de programación en Java. En la sección II del trabajo, presentamos la fundamentación teórica del trabajo, en la sección III, se describe la metodología de investigación utilizada, para luego en la sección IV, mostrar los resultados que se obtuvieron en el estudio, y al final, en la sección V, se detallan las conclusiones.

Este trabajo se centra en la experiencia de uso de Moodle Gamificado, dejando de lado la metodología utilizada.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

A. Gamificación

“Gamificación es el empleo de mecánicas de juego en entornos y aplicaciones no lúdicas, con el fin de potenciar la motivación, la concentración, el esfuerzo, la fidelización y otros valores positivos comunes a todos los juegos” [4]. Dentro del contexto de una propuesta docente para incrementar la motivación y el compromiso por la realización de tareas autónomas, “Gamificación es plantear un proceso de cualquier índole como si fuera un juego. Los participantes son jugadores y como tales son el centro del juego, y deben sentirse involucrados, tomar sus propias decisiones, sentir que progresan, asumir nuevos retos, participar en un entorno social, ser reconocidos por sus logros y recibir retroalimentación inmediata. En definitiva, deben divertirse mientras consiguen los objetivos propios del proceso gamificado” [6].

B. Gamificación en Educación

La Gamificación en Educación es el uso de los elementos de juego (dinámicas, mecánicas y componentes) en un ambiente de aprendizaje, por lo general con el apoyo de las TIC [13]. Se ha usado con dos propósitos principales: el fomentar el aprendizaje de conductas deseadas, y promover la participación de los estudiantes en actividades de aprendizaje [14].

En el campo de la educación, Gamificación es un proceso para inducir la motivación y el compromiso en las actividades de aprendizaje [13]. El compromiso tiene una correlación positiva con los resultados de éxito de los estudiantes,

incluyendo la satisfacción, la persistencia, y los logros académicos [14].

Algunos de los elementos de juego que pueden aplicarse en educación son: acumulación de puntos, escalado de niveles, obtención de premios, regalos, clasificaciones, desafíos, misiones o retos [7].

C. Gamificación en Moodle

Moodle es una de las plataformas más populares de aprendizaje, que permite a los docentes gestionar el aprendizaje en línea. Moodle tiene varias características y funcionalidades destinadas a facilitar el proceso de aprendizaje usando Gamificación, entre ellas: avatares, visibilidad del progreso de los estudiantes, visualización del resultado de cuestionarios, niveles, retroalimentación, insignias, tabla de posiciones, actividades condicionales para restringir acceso a contenido [3].

III. METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la asignatura presencial de Programación I de la Carrera de Ingeniería en Computación Gráfica, de la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática de la Universidad Central del Ecuador, durante el semestre abril – septiembre 2015.

Programación I se imparte en las Carreras de Ingenierías: Informática, Matemática, Computación Gráfica y Diseño Industrial, en el primer semestre, periodo dividido en dos semestres, en el primero, el estudiante adquiere los fundamentos de la programación y los conocimientos iniciales para diseñar algoritmos en pseudocódigo y diagramas de flujo usando PSEInt, para en el segundo semestre, aprender los fundamentos de programación en Java, mediante la implementación de programas básicos y sencillos, empleando NetBeans o Eclipse como herramienta de desarrollo de software, utilizando las diferentes técnicas algorítmicas de la programación estructurada y de la programación orientada a objetos (clases, objetos, atributos y métodos).

La materia de Programación I se evalúa con un examen (50%) y actividades complementarias como tareas, pruebas, participación en clase y prácticas (50%), evaluándose cada semestre sobre 20 puntos. Así, el estudiante que reúna 27.5 será promovido, mientras que, con un valor inferior, puede rendir un examen de recuperación, excepto si cursa el ciclo con tercera matrícula. Para poder presentarse al examen de recuperación, se suman las notas de los dos semestres y se divide por dos, cociente al que se agrega la nota del examen de recuperación, si suma 27.5 o más, el alumno aprueba la materia.

A. Diseño de la Experiencia Gamificada

La experiencia gamificada se ambientó en la Edad Media, periodo repleto de historias, donde lo fantástico es a menudo tenido por real y cuyas leyendas sobreviven aún, además de en el imaginario popular, la literatura, películas o tradiciones, en la ambientación de juegos por ordenador de carácter lúdico. Tomando esta metáfora, el docente fue el Sabio de la localidad, los alumnos de Programación I fueron aprendices de hechiceros o magos de la Magia de la Programación, los libros y

materiales de programación fueron libros y recetas de magia, las tareas como ejercicios y pruebas eran actividades de hechicería, los programas Java fueron hechizos o conjuros, y los foros eran tabernas virtuales donde los aprendices podían interactuar.

La misión y reto consistió en pasar los diferentes niveles de la Magia de la Programación, realizando las distintas tareas, ejercicios, lecturas, pruebas, foros, etc., de cada nivel, hasta alcanzar el nivel máximo (Vida - Archimago). Para pasar de un nivel al siguiente, se necesitaba la realización correcta de todos los retos de hechicería del nivel en un 70%, por ejemplo, si el nivel tenía un reto de hechicería con 10 hechizos, se supera el reto si se cumple correctamente un mínimo de 7. El total de puntos de experiencia fue de 100, que equivalen a 10 puntos de la nota de las tareas complementarias, los otros 10 puntos fueron del examen final del hemisemestre.

En la siguiente tabla se muestra cada nivel y su correspondiente avatar, capítulo de programación en Java, y puntos de experiencia por ganar en el nivel:

TABLE I. NIVELES

Nivel	Avatar	Capítulo de Programación	Puntos
Agua	Aprendiz	Fundamentos de la Programación Orientada a Objetos	25
Tierra	Conjurador	Fundamentos de Java (estructuras secuenciales, estructuras selectivas: if-else, switch, estructuras repetitivas: for, while, do-while)	30
Aire	Invocador	Arreglos y Matrices	20
Fuego	Mago	Métodos	25
Vida	Archimago		

B. *Dinámicas*. Se utilizaron las siguientes dinámicas:

- **Recompensas:** es algo de valor que se obtiene tras la realización de una acción o la consecución de un objetivo;
- **Status:** sentimiento de reconocimiento por parte de terceros y un sentimiento de popularidad, prestigio, respeto o de captación de atención;
- **Competencia:** una de las maneras para obtener satisfacción en el desempeño de una acción es comparando el resultado con el de los demás;
- **Logros:** una buena recompensa es el reconocimiento de que se ha conseguido un logro;
- **Expresión e identidad propia:** manera de conseguir autonomía, identidad y originalidad ante terceros;
- **Altruismo y ayuda:** para fomentar las relaciones e interacciones en la comunidad;
- **Retroalimentación:** permite conocer el progreso o el grado de cumplimiento dentro del juego;

C. *Mecánicas y componentes:* Se implementaron en Moodle 2.9, a través de varios plugins propios y adicionales:

- **Puntos:** se ganan por las acciones de los participantes;
- **Insignias o medallas:** representaciones gráficas de los logros obtenidos;
- **Tabla de clasificaciones:** ordena de manera visual a los participantes según los puntos ganados, se usó el plugin Ranking Block;
- **Barra de progreso:** muestra visualmente el cumplimiento y progreso de las diferentes tareas, se utilizó el plugin Progress Bar;
- **Niveles:** indicador del grado de progreso en el juego, cuando se supera un nivel, se desbloquea el contenido del siguiente nivel;
- **Avatares:** representaciones personalizadas y únicas de los jugadores por medio de una imagen;
- **Retroalimentación automática:** compilación y evaluación automática mediante pruebas unitarias de programas Java, se usó el plugin javaunittest;
- **Colaboración:** mediante los foros;
- **Misiones y retos:** serie de acciones a llevar a cabo para conseguir un objetivo, por ejemplo, pruebas y ejercicios;
- **Bienes virtuales, regalos o premios:** bienes tangibles o intangibles que los participantes ganan en el juego;

Para medir los resultados sobre la motivación y el compromiso de los estudiantes en la realización de tareas autónomas con el uso de Moodle Gamificado, se analizó cuantitativamente el porcentaje de estudiantes en cada nivel al final del curso, además, con un enfoque cualitativo, se estudió mediante encuestas anónimas realizadas a los alumnos, su experiencia en el uso de Moodle Gamificado.

IV. RESULTADOS

A. *Análisis Cuantitativo*

En el segundo hemisemestre, del semestre abril -septiembre 2015 de Programación I de la Carrera de Ingeniería en Computación Gráfica, donde se aprende fundamentos programación en Java, iniciaron la asignatura 17 estudiantes, de los cuales, 10 alumnos terminaron el curso, 7 se retiraron. En la tabla siguiente, se presenta un listado con los niveles y avatares alcanzados por los estudiantes, los puntos de experiencia y notas obtenidas por los alumnos en la realización de las tareas autónomas en Moodle Gamificado. Los puntos de experiencia se dividieron entre: retos de hechicería (pruebas y ejercicios, con evaluación y retroalimentación automática), tabernas virtuales (foros), misiones y retos, y asistencia.

TABLE II. PUNTOS Y NOTAS DE TAREAS AUTÓNOMAS

Estudiante	Puntos	Nota	Nivel	Avatar
Estudiante 5	99.50	9.95	Vida	Archimago

Estudiante	Puntos	Nota	Nivel	Avatar
Estudiante 2	94.00	9.40	Vida	Archimago
Estudiante 7	94.00	9.40	Vida	Archimago
Estudiante 3	92.40	9.24	Vida	Archimago
Estudiante 4	91.80	9.18	Vida	Archimago
Estudiante 8	91.50	9.15	Vida	Archimago
Estudiante 6	90.10	9.01	Vida	Archimago
Estudiante 10	90.10	9.01	Vida	Archimago
Estudiante 1	88.90	8.89	Vida	Archimago
Estudiante 9	73.60	7.36	Fuego	Mago

El 90% de los estudiantes obtuvo el nivel Vida y el avatar de Archimago, es decir, realizaron correctamente todos los retos de hechicería en cada uno de los niveles, solo un estudiante obtuvo el nivel de Fuego y el avatar de Mago. El uso de la plataforma Moodle Gamificado para la realización de las tareas autónomas, fue fundamental para el cumplimiento de las mismas.

B. Análisis Cualitativo

Al final del curso, se realizó una encuesta anónima a los alumnos, para conocer la opinión sobre su experiencia en la realización de tareas autónomas en la plataforma Moodle Gamificado, nueve de diez estudiantes respondieron a la encuesta, los resultados fueron los siguientes:

1) *Moodle Gamificado*: El 55.6% de los estudiantes consideraron que el uso de la plataforma virtual Moodle Gamificado fue excelente, el 22.2% muy bueno, el 11.1% bueno y el 11.1% malo. El 66.7% de los alumnos afirmaron que la plataforma fue mucho mejor que la plataforma virtual Sakai que se usa en la Universidad Central, el 22.2% que fue mejor, y el 11.1% igual. El 33.3% estuvieron totalmente de acuerdo que fue divertido aprender a programar usando la plataforma virtual, el 66.7% de acuerdo.

2) *Motivación*: El 66.7% de los alumnos afirmaron que el uso de Moodle Gamificado motivó totalmente al estudiante, y el 33.3% estuvieron de acuerdo. El 66.7% estuvo totalmente de acuerdo que motivó el autoaprendizaje, el 22.2% de acuerdo, y el 11.1% indiferente. El 44.4% afirmó que la motivación del segundo semestre donde se usó Moodle Gamificado, fue mucho mejor que el primero, y el 55.6% mejor.

3) *Valoración de conocimientos adquiridos*: El 66.7% de los estudiantes estuvieron muy satisfechos con el curso de fundamentos de programación en Java, y el 33.3% satisfecho.

V. CONCLUSIONES

Del análisis cuantitativo, concluimos que el uso de la plataforma Moodle Gamificado para la realización de las tareas autónomas, fue fundamental para el cumplimiento correcto de las mismas, el 90% de los estudiantes obtuvo el máximo nivel, el nivel Vida y el avatar de Archimago.

El análisis cualitativo muestra que uno de los factores más importantes en el aprendizaje de programación es la motivación, el 100% de los alumnos afirmaron estar totalmente

de acuerdo y de acuerdo que Moodle Gamificado motivó al estudiante. El 88.9% de los alumnos estuvieron totalmente de acuerdo y de acuerdo en que también Moodle Gamificado motivó en el autoaprendizaje.

Siendo que en general a los estudiantes de programación que participaron en la investigación no les gusta las tareas autónomas, aunque son de las más importantes, debido a que siempre habrá algo nuevo por aprender investigando de forma independiente, el uso de Moodle Gamificado fue fundamental en la motivación y el compromiso en la realización de este tipo de tareas.

Como trabajo futuro, se propone validar una metodología de enseñanza gamificada, versus la metodología de enseñanza tradicional, y valorar su efectividad. Además, evaluar diferentes plugins de Moodle que permitan implementar mecánicas y componentes de juego, como por ejemplo Virtual Programming Lab [8] [5], que permite codificar, compilar, ejecutar y evaluar varios lenguajes de programación, esto permitiría ampliar el uso de la propuesta en otras materias relacionadas a la programación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Ciencias Físicas y Matemática de la Universidad Central del Ecuador, por su apertura a esta investigación en favor de mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de programación, y a los estudiantes que participaron activamente en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Salamó, J. Camps, C. Vallespi, D. Vernet, X. Llorá, E. Berdó, J. Garrel, X. González, "Iniciativas para motivar a los alumnos de Programación", Universidad Ramon Llull, 2001.
- [2] C. Muntean, "Raising engagement in e-learning through gamification", Rumania, Babes-Bolyai University, 2011.
- [3] G. Kyriakova, N. Angelova, and L. Yordanova, "Gamification in education", Bulgaria, Trakia University, 2013.
- [4] C. González, y A. Mora, "Técnicas de gamificación aplicadas a la docencia de Ingeniería Informática", Universidad de La Laguna, 2014.
- [5] E. Lovos, y A. González, "Moodle y VPL como Soporte a las Actividades de Laboratorio de un Curso Introductorio de Programación", Argentina, Universidad Nacional de Río Negro, 2014.
- [6] F. Gallego, R. Molina, y F. Llorens, "Gamificar una propuesta docente. Diseñando experiencias positivas de aprendizaje", España, Universidad de Alicante, 2014.
- [7] F. Revuelta, "Tecnologías emergentes: Aprendizaje basado en juegos y Gamificación", Chile, Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2014.
- [8] T. Dominique, "Automatic evaluation of computer programs using Moodle's Virtual Programming Lab (VPL) Plug-in", Department of Computer Science Smith College Northampton, 2015.
- [9] J. Beltrán, H. Sánchez, y M. Rico, "Análisis cuantitativo y cualitativo del aprendizaje de Programación I en la Universidad Central del Ecuador," Revista Tecnológica ESPO - RTE. Ecuador, vol. 28, N. 5, pp. 194-210, Diciembre 2015.
- [10] C. Mas y M. Medinas, "Motivaciones para el estudio en universitarios," Anales de psicología. España, vol. 23, N. 1, pp. 17-24, Junio 2007.
- [11] A. Yacob and M. Yazid, "Assessing level of motivation in learning programming among engineering students", Malaysia, TATi University College, 2012.

- [12] J. Vargas, L. García, M. Genero, y M. Piattini, "Análisis del uso de la Gamificación en la Enseñanza de Informática", España, Universidad de Castilla-La Mancha, 2015.
- [13] J. Simões, R. Díaz, and A. Fernández, "A social gamification framework for a K-6 learning platform," *Computers in Human Behavior*. España, vol. 29, pp. 345-353, March 2013.
- [14] M. Ibáñez, A. Di-Serio, and C. Delgado, "Gamification for Engaging Computer Science Students in Learning Activities," *IEEE Transactions on learning technologies*. España, vol. 7, N. 3, pp. 291-301, July-September 2014.

Un Algoritmo Binario Inspirado En Hoyos Negros Para Resolver El Problema De La Cobertura

An Binary Black Hole Algorithm To Solve The Set Covering Problem

Álvaro Gómez¹, Broderick Crawford^{1,2}, Ricardo Soto^{1,3,4}, Adrián Jaramillo¹, Sebastián Mansilla¹, Juan Salas¹, Eduardo Olguín².

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

² Universidad San Sebastián, Santiago, Chile

³ Universidad Autónoma de Chile, Chile

⁴ Universidad Científica del Sur, Perú

{alvaro.gomez.r, adrian.jaramillo.s, sebastian.mansilla.v, juan.salas.fg}@mail.pucv.cl

{broderick.crawford, ricardo.soto}@ucv.cl

eduardo.olguin@uss.cl

Resumen — El Problema Cobertura de Conjuntos, o SCP por sus siglas en inglés (Set Covering Problem), es uno de los problemas representativos de la optimización combinatorial y tiene múltiples aplicaciones en diferentes aspectos de la ingeniería, ciencias y algunas otras disciplinas. Tiene por objetivo encontrar un conjunto de soluciones que cubran las necesidades definidas en las restricciones al menor costo posible. En el presente trabajo se utilizó un algoritmo binario existente inspirado en hoyos negros (BBH) para resolver múltiples instancias del problema con benchmarks conocidos obtenidos desde la Librería OR. El método presentado emula el comportamiento de estos cuerpos celestes utilizando un operador de rotación para acercar las mejores soluciones al óptimo local.

Palabras Clave – *Problema de la Cobertura, Hoyo Negro Binario, Metaheurísticas, Optimización Combinatorial.*

Abstract — The Set Covering Problem (SCP) is one of the most representative combinatorial optimization problems and it has multiple applications in different situations of engineering, sciences and some other disciplines. It aims to find a set of solutions that meet the needs defined in the constraints having lowest possible cost. In this paper we used an existing binary algorithm inspired by Binary Black Holes (BBH), to solve multiple instances of the problem with known benchmarks obtained from the OR-library. The presented method emulates the behavior of these celestial bodies using a rotation operator to bring good solutions.

Keywords - *Set Covering Problem, Binary Black Hole, Metaheuristics, Combinatorial Optimization Problem*

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de muchas disciplinas existen problemas de optimización que requieren gran capacidad de cómputo para ser resueltos. En algunos casos es posible enfrentarlos con métodos directos o lineales, pero en otros esto no es viable debido a la naturaleza del problema o a la cantidad

procesamiento necesario para resolverlo, conociéndose este tipo de problemas como NP-Hard (Karp, 1972).

En dichos casos es posible atacarlos con una estrategia basada en metaheurísticas, que permiten encontrar resultados razonablemente buenos con costos aceptables, incluso a veces los mejores posibles.

En el caso de este trabajo, presentaremos una inspirada en los cuerpos celestes llamados “Hoyos Negros”.

II. SET COVERING PROBLEM

El SCP es uno de los 21 problemas NP-Hard y representa a una gran variedad de estrategias de optimización en diferentes rubros y realidades. Desde su formulación en la década de 1970 se ha utilizado para por ejemplo, minimización de merma de materiales para la industria metalúrgica (F. Vasko, 1987), confección de planificación de tripulaciones para el transporte urbano (Soumis, 1989), seguridad y robustez de redes de datos (Ratliff, 1971), focalización de políticas públicas y cálculo estructural para la construcción (Ghaderi, 2013), entre otros.

Si se considera una matriz de números binarios A , de m filas por n columnas (a_{ij}) y un vector C (c_j) de n columnas que contiene los costos asignados a cada una, entonces podemos definir el SPC como:

$$\text{Minimizar } \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

Donde a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1; \quad i = 1, \dots, n$$

$$x_j \in \{0,1\}; j = 1, \dots, n$$

Esto asegura que cada fila es cubierta por al menos una columna y que existe un costo asociado a ella. Este problema fue presentado en 1972 por Karp (Karp, 1972) y se utiliza para optimizar problemáticas de localizaciones de elementos que proporcionan coberturas espaciales, como servicios comunitarios, antenas de telecomunicaciones y otros.

III. OBJETIVOS

El objetivo general es resolver el Set Covering Problem (SCP) mediante un algoritmo inspirado en hoyos negros, validando la efectividad de este mediante la aplicación de los benchmarks de la librería OR (Beasley, 1990). Los objetivos específicos corresponden a los siguientes:

- Aplicar diferentes mecanismos de binarización y discretización para determinar experimentalmente el de mejor rendimiento.
- Experimentar con diferentes mecanismos de cálculo de distancias vectoriales.
- Mejorar o agregar operadores para la reparación y rotación.

IV. MARCO TEÓRICO

Los hoyos negros son el resultado del colapso de una estrella de gran masa que tras pasar por varias etapas intermedias se transforma en un cuerpo tan masivamente denso que logra curvar el espacio circundante debido a su inmensa gravedad. Reciben el nombre de "Hoyos Negros" debido a que ni siquiera la luz logra escapar a su atracción y por tanto, es indetectable en el espectro visible, emitiendo sólo radiaciones más extremas como la X y la Gamma, conociéndose también por "singularidades", ya que en su interior la física tradicional pierde sentido. Debido a su inmensa gravedad suelen ser orbitados por otras estrellas en sistemas binarios o múltiples, consumiendo de a poco la masa de los cuerpos en órbita (Hawking, 1994).

Cuando una estrella o cualquier otro cuerpo se acercan al hoyo negro traspasando lo que se denomina "Horizonte de Eventos", colapsan en su interior y son completamente absorbidas sin posibilidad alguna de volver a escapar, ya que toda su masa y energía pasan a formar parte de la singularidad. Esto es debido a que en ese punto la velocidad de escape es la de la luz (Hawking, 1994).

V. ALGORITMO

El algoritmo original presentado en septiembre de 2013 por Hatamlou (Hatamlou, 2013) enfrenta el problema de la determinación de soluciones mediante la evolución de un conjunto de estrellas llamado "Universo", utilizando un algoritmo de tipo poblacional similar a los utilizados por las técnicas genéticas o de partículas. Propone la rotación del Universo en torno a aquella estrella que tiene el mejor fitness, es decir, la que presenta el menor valor de una función definida, llamada "Función Objetivo". Esta rotación es aplicada por un operador de rotación que mueve a cada una de las

estrellas en cada iteración del algoritmo y determina en cada ciclo si existe un nuevo hoyo negro, que reemplazará al anterior. Esta operación se repetirá hasta encontrar el criterio de detención, siendo el último de los hoyos negros encontrados la solución propuesta.

Eventualmente, una estrella puede llegar a sobrepasar el horizonte de eventos delimitado por el radio de este (Hawking, 1994). En dicho caso, la estrella colapsa dentro del hoyo negro y es eliminada del conjunto universo siendo tomado su lugar por una estrella nueva. De esta forma, se estimula la exploración del espacio de soluciones.

Los operadores principales a implementar se describen brevemente a continuación:

BIG BANG - Consiste en la creación del universo de partida para el algoritmo. El número de estrellas generado se mantendrá fijo durante las iteraciones, sin perjuicio de que muchos de los vectores (o estrellas) sean reemplazados. El mecanismo de creación de los vectores es aleatorio.

EVALUACIÓN DE FITNESS - El fitness de cada estrella se calcula evaluando la función objetivo, de acuerdo a la definición inicial del problema. Cabe recordar que se debe ponderar cada elemento del vector estrella por su correspondiente elemento en la matriz de costos. En otras palabras, el fitness de una estrella es la sumatoria del producto del valor de cada columna cubierta de una estrella en particular, con el costo correspondiente. El hoyo negro será aquel que tenga el menor fitness de entre todas las estrellas existentes al momento de la evaluación.

ROTACIÓN - La operación de rotación se efectúa sobre todo el universo de estrellas de la iteración t , con la única excepción del hoyo negro, que sigue fijo en su posición. La operación define la nueva posición $t+1$ de la siguiente manera:

$$x_i(t+1) = x_i(t) + \text{random}(x_{bh} - x_i(t)), \text{ con } i=1,2,\dots,N \quad (2)$$

Donde X_{bh} es el agujero negro "Black Hole" en inglés.

COLAPSO EN HOYO NEGRO - Cuando una estrella se acerca a un hoyo negro a una distancia menor o igual a la llamada "Horizonte de Eventos" es capturada y absorbida permanentemente por el hoyo negro, siendo reemplazada por una nueva generada aleatoriamente. En otras palabras, se considera el colapso de una estrella cuando sobrepasa el radio de Schwarzschild (R) definido como:

$$R = \frac{f_{BH}}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (3)$$

Donde f_{BH} es el valor del fitness del hoyo negro y f_i es el fitness de la estrella i ésima. N es el número de estrellas del universo.

TRANSFERENCIA Y BINARIZACIÓN - La transferencia tiene por objetivo llevar valores desde el dominio de los Reales hasta el intervalo $[0..1]$. Para esto, se testearon las siguientes funciones:

$$\frac{1}{1 + \left(e^{-\frac{x}{3}}\right)} \quad (4)$$

$$\left| \frac{2}{\pi} \arctan \frac{x\pi}{2} \right| \quad (5)$$

$$\left| \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \right| \quad (6)$$

$$\frac{1}{1 + e^{-\frac{x}{2}}} \quad (7)$$

Tras algunos experimentos se determinó trabajar con la función (4), ya que fue la que entregó mejores resultados, utilizándose para los benchmarks definitivos. Por otra parte, la binarización tiene como objetivo la transportación del valor obtenido en la transformación anterior en un dígito binario. Experimentalmente se seleccionó la estándar.

FACTIBILIDAD - La factibilidad de una estrella está dada por la condición de si cumple con cada una de las restricciones definidas en la matriz A. Para determinarla se valida el cumplimiento de todas ellas por cada una de las estrellas del Universo.

REPARACIÓN - En aquellos casos en que se detectó infactibilidad se optó por la reparación del vector para que cumpliera con las restricciones. Se implementó una reparación en dos fases, ADD y DROP, como manera de optimizar el vector en términos de cobertura y costos. La primera fase cambia el vector en la columna que ofrece la cobertura a menor costo, mientras que la segunda elimina aquellas columnas que sólo agregan costos y no aportan cobertura.

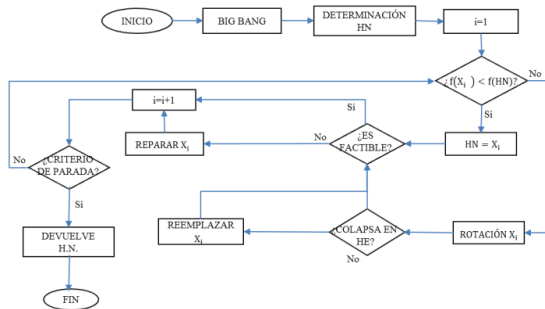


Figure 1. Diagrama del Algoritmo

VI. EXPERIMENTOS Y RESULTADOS

El algoritmo se implementó con una herramienta I-Case llamada Genexus (ARTECH, S.F.), generando programas Java. El programa resultante se sometió a un testeo mediante la ejecución de los benchmarks 4, 5, 6, A, B, C, D, NRE, NRF, NRG y NRH de la librería OR (BEASLEY, 1990). Cada uno de

estos sets de datos se ejecutó 30 veces con parámetros iguales, presentando los siguientes resultados:

TABLE I. RESULTADOS EXPERIMENTOS

Instancia	Óptimo	Mínimo	Máximo	Promedio	RPD
4.1	429	455	603	529	6,06
4.2	512	544	633	589	6,25
4.3	516	551	696	624	6,78
4.4	494	527	749	638	6,68
4.5	512	448	730	639	7,03
4.6	560	601	674	638	7,32
4.7	430	461	514	488	7,21
4.8	492	528	613	571	7,32
4.9	641	688	767	728	7,33
4.10	514	547	660	604	6,42
5.1	253	269	398	334	6,32
5.2	302	322	430	376	6,62
5.3	226	246	275	282	8,85
5.4	242	261	287	268	7,85
5.5	211	228	258	243	8,06
5.6	213	230	359	295	7,98
5.7	293	322	372	347	9,90
5.8	288	308	459	384	6,94
5.9	279	296	449	373	6,09
5.10	265	283	412	348	6,79
6.1	138	151	201	176	9,42
6.2	146	157	281	219	7,53
6.3	145	153	195	176	7,59
6.4	131	144	233	189	9,92
6.5	161	177	258	218	9,94
A.1	253	298	414	356	17,79
A.2	252	301	430	366	19,44
A.3	232	256	390	323	10,34
A.4	234	268	316	292	14,53
A.5	236	266	369	318	12,71
B.1	69	82	149	116	18,84
B.2	76	99	184	134	30,26
B.3	80	89	145	117	11,25
B4	79	88	104	96	11,39
B.5	72	88	119	100	22,22
C.1	227	252	287	270	9,92
C.2	219	245	289	267	10,61
C.3	243	266	399	333	8,65
C.4	219	252	301	277	13,10
C.5	215	247	295	271	12,96
D.1	60	71	146	109	15,49
D.2	66	73	177	125	9,59
D.3	72	81	120	101	11,11
D.4	62	70	135	103	11,43
D.5	61	72	208	140	15,28
E.1	5	9	53	31	44,44
E.2	5	12	61	37	58,33

E.3	5	10	112	61	50,00
E.4	5	11	76	44	54,55
E.5	5	13	71	42	61,54
NRE1	29	81	169	125	64,20
NRE2	30	44	152	98	31,82
NRE3	27	435	522	479	93,79
NRE4	28	44	62	53	36,36
NRE5	28	213	346	280	86,85
NRF1	14	658	711	685	97,87
NRF2	15	18	163	91	16,67
NRF3	14	69	116	93	79,71
NRF4	14	45	147	96	68,89
NRF5	13	222	362	292	94,14
NRG1	176*	770	797	784	77,14
NRG2	151*	876	1.006	941	82,76
NRG3	166*	1.012	1.046	1.029	83,60
NRG4	168*	289	398	344	41,87
NRG5	168*	1.211	1.339	1.275	620,83
NRH1	63*	2.143	2.242	2.193	3.301,59
NRH2	63*	701	810	756	1.012,70
NRH3	59*	893	915	904	1.413,56
NRH4	59*	329	464	397	457,63
NRH5	55*	715	845	780	1.200,00

* = Mejores resultados encontrados en la literatura

VII. CONCLUSIONES

Comparando los resultados de los experimentos con los reportados como óptimos en la literatura, podemos advertir que los resultados obtenidos son aceptablemente cercanos a los óptimos conocidos para los benchmarks 4,5 y 6 y muy alejados de ellos en el caso de los finales(A, B, C, D, E y NR). En el caso de los primeros se presentan desviaciones que están entre el 6,06% y el 61,54%, mientras que en el caso de los segundos llegan a desviaciones del 3.301,59%. Ambos casos pese a la ejecución del algoritmo una gran cantidad de veces. Llama la atención la rápida convergencia inicial lograda, encontrando mejoras muy significativas en las primeras iteraciones, siendo las posteriores mucho más paulatinas y requiriendo la ejecución de aquellos operadores que estimulan la exploración, como el de colapso. Esto hace pensar que el algoritmo tiene cierta tendencia a caer en óptimos locales, de donde no puede salir sin ayuda de los componentes de exploración.

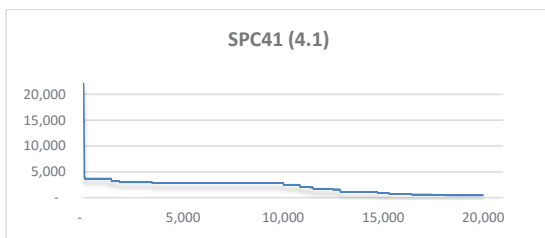


Figure 2. Gráfico comportamiento SPC41

Si bien en los benchmarks que arrojaron los resultados menos cercanos a los óptimos conocidos tienen porcentajes significativos de desviación respecto a los óptimos conocidos,

en términos absolutos las diferencias son bajas si se considera los valores desde los que partió iterando el algoritmo. Es altamente probable que esos conjuntos requieran mayor cantidad de iteraciones para mejorar sus resultados, ya que los valores obtenidos indican claramente una tendencia consistente a la baja, la cantidad de variables es mayor y la diferencia entre los valores de partida y los óptimos es más amplia. Un elemento interesante de analizar es que en prácticamente todos los benchmarks la brecha entre el mejor y el peor resultado es pequeña y pareja, indicando que el algoritmo tiende permanentemente hacia una mejora de resultados y que los mínimos no son sólo producto de valores aleatorios coyunturalmente convenientes.

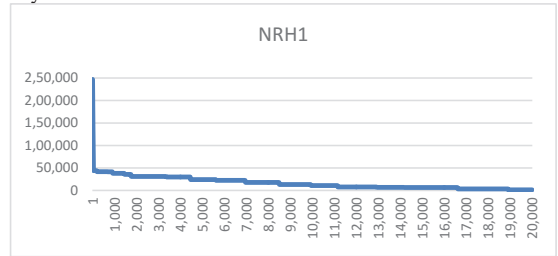


Figure 3. Gráfico comportamiento NRH1

Por otra parte, también es importante señalar que en aquellas pruebas en que la componente estocástica era mayor de la que se ha señalado como la óptima, el algoritmo presentó un rendimiento menor, determinando óptimos mucho mayores, probablemente por la imposibilidad de poder explotar zonas con potenciales mejores soluciones. Es por todo esto que se puede advertir que los parámetros asociados a definir las ruletas para la toma de decisiones representan rangos bastante pequeños, con el fin de que el componente aleatorio sea moderado.

Otros elementos llamativos son las grandes diferencias de resultados obtenidos con distintos métodos de transferencia y de binarización, algunos de los que sencillamente conspiraban contra la obtención de resultados aceptables. Se exploraron las diferentes posibilidades ya expuestas hasta encontrar una combinación satisfactoria.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Artech. (s.f.): Genexus. Obtenido de <http://www.genexus.com>
- Beasley, J. (1990): "Or-library". Obtenido de <http://people.brunel.ac.uk/mastjjb/jeb/orlib/scpinfo.html>
- F. Vasko, F. W. (1987). "Optimal selection of ingot sizes via set covering". *Operations Research*, vol. 35, no. 3, 346 - 353.
- Ghaderi, F. A. (2013). "Hybridization of harmony search and ant colony optimization for optimal locating of structural dampers". *Applied Soft Computing*, vol. 13, no. 5, 2272 - 2280.
- Hatamlou, A. (2013). "Black hole: A new heuristic optimization approach for data clustering". *Information sciences*, vol. 222, 175 - 184.
- Hawking, S. (1994). "Agujeros negros y pequeños universos". Planeta

Karp, R. (1972). "Reducibility among combinatorial problems.". Obtenido de <http://www.cs.berkeley.edu/~luca/cs172/karp.pdf>

Ratliff, M. B. (1971). "Optimal defense of multi-commodity networks". *Management Science*, vol. 18, no. 4-part-i, B - 174.

Soumis, M. D. (1989). "A column generation approach to the urban transit crew scheduling problem". *Transportation Science*, vol. 23, no. 1, 1 - 13.

Metrics focused on usability ISO 9126 based

Carlos Santos, Tereza Novais, Marcelo
Ferreira, Carlos Albuquerque
¹Recife Centre for Advanced Studies
and Systems – CESAR
Rua Bione, 220, 50.540-740
Recife, PE, Brazil
{carlosdombosco,terezanovais,
marsantosfer, carlosjca}@gmail.com

Ivaldir Honório de Farias Junior
²Softex Recife
R. Domingos José Martins, 75
Recife Antigo - 50030-200
Recife, PE, Brazil
ivaldirjr@gmail.com

Ana Paula Cavalcanti Furtado^{1,3}
³Federal University of Pernambuco
Informatics Centre - CIn
Cidade Universitária – 50.540-740
Recife, Brazil
anapaula.cavalcanti@gmail.com

Abstract — Research related to software metrics are becoming increasingly important and widespread. A topic that grew in this area is the measurement of software quality with a focus on usability. Setting a metric focused on usability can help project managers to track design progress and support in making decisions about when a product should be released. However, it is necessary to select appropriate measurement models that offer simple and useful results for the component selection process. The objective of this work is to define an appropriate set of metrics from a set of options that offer similar functionality. The research was developed based on ISO 9126-1: 2000 analyzing the usability features and sub-features and bibliographic review of the main research questions. A general approach was defined and metrics will be submitted for assessment to be validated.

Keywords: metrics; software; quality; usability;

I. INTRODUCTION

User interface is an important part of software for information transfer and interaction between user and computer [1]. In order to design a friendly user interface, software developers have taken some actions in different stages of development. One of the items that plays an important role in the quality and usability of the software [2]. Usability was defined by ISO 9126 as "a set of software attributes related to the effort required for their use and for the individual judgment of such use for a given set of users".

It is important to mention that usability is not the only property of a user interface. According to [3], usability has multiple components and is traditionally associated with these five attributes: learnability, storage, efficiency, errors and satisfaction. Usability is a qualitative concepts in software engineering, and in all the abovementioned definitions qualitative attributes had been used[1] [2] [3].

The relationship between metrics and quality characteristics are not always measured with definition [4]. The information provided by component suppliers is scarce and insufficient. For example, the first part of ISO 9126 defines a set of quality features and sub-features which constitute the model quality, shortly after the parts 2 to 4 define a set of metrics to measure this model. According to ISO 9126 the metrics measure attributes which influence one or more sub-quality characteristics. However, most of the metrics presented in Parts 2 to 4 of

the ISO 9126 are indirect metrics without any reference or justification to the attributes that measure. Most of the proposals found in ISO 9126 that define metrics software component does not associate any quality feature the metrics that define, leaving only defined metrics, but without any indication for both the attributes that measure as to the quality characteristics they try to assess.

This study aims to properly define a set of metrics based on the attributes that measure and how these metrics evaluate the usability features of a software quality component.

II. RELATED WORK

Usability metrics can vary greatly even if a group of evaluators examine the same user interface using the same valuation technique [13]. The evaluation of metrics focused on usability cover only a subset of possible actions that users can perform. For this reason, usability experts recommend the use of several different valuation techniques [13]. Many web tools have been developed for automatic usability evaluation and in many cases bringing correction suggestions [14] [15] [16] [17].

Besides being highly disordered or visually unattractive, the results were confusing and unreliable jeopardizing the outcome of the evaluations. In [8] was defined a set of quality features and sub-features which constitute the quality model, however the metrics presented in parts 2 through 4 are mostly indirect metrics defined without reference to the attributes which measure.

III. MOTIVATION AND OVERVIEW

There is no consensus on the definition and classification of the quality characteristics of software products. In general a process of software quality measurement aims to provide certain information needs by identifying the entities and the attributes of these entities. According to [6], the attributes can be external, the value of the attributes depends on the environment in which the software works, or internal, the value of the attributes does not depend on that environment. These are attributes that must be measured using the metric.

A metric is a measurement approach set and a measuring scale. Expressed in units, a metric may be defined by more than one attribute and may be distinguished into three types: direct metrics, and indirect

indicators. It is a generalization of the different approaches used by the three types of metrics for obtaining the respective measurements. A metric applies a direct measurement method. An indirect metric using a measuring function and an indicator uses an analytical model based on a decision criterion for a measure that satisfies a need for information. Finally, the act of measuring software is a measure similar to an action, defined as a set of operations to determine a value of a measure, for a given attribute of an entity using a measurement approach. Measurements are obtained as a result of performing measurements.

Today, we have in many literature usability settings:

- a) The ability of the software product to be understood learned, used and attractive to the user when used under specified conditions[8];
- b) How a user can easily learn how to operate, prepare inputs for and interpret outputs of a system or component [9];
- c) Usability of a software product is the extent to which the product is convenient and practical to use [10];
- d) The likelihood that the operator of a system will not experience a user interface problem for a certain period of operation in a particular operating listing [11];

But for this work we adopt the definition specified in ISO / IEC 9126-1: 2000 [8], which was the first standard to use and define the term usability, replaced in 2011 by ISO 25010: 2011 [12], keeping the same settings and features. ISO 9126-1: 2000 defines usability as: "The ability of a software component has to be learned, to be used and to be attractive to the user when used under specified conditions".

Usability is a quality characteristic that depends on the type of expected use and user type [4]. In the proposed framework, the component users will be members of the team that develops and maintains a software-based system components. Is necessary to identify, locate and select them according to the constraints of system architecture and requirements of the owners, integrate them to build the system and then proceed with maintenance when new versions or update to fix problems arise.

According to ISO 9126 usability is divided into five sub-characteristics: understandability, learnability, operability, attractiveness and compliance usability. We evaluate the usability of a software component based on the first three sub-described following characteristics:

Intelligibility

The component ability to allow the user to understand whether the component is suitable and how it can be used in particular tasks and under specific conditions.

Learnability

The software component's ability to allow the user to learn the application.

Operability

The software component ability to allow the user to operate and control.

To evaluate the usability of a software component is necessary to define a set of measurable concepts that influence any quality of usability sub-features; the attributes of components that can be measured to assess such measurable concepts and how the sub-features are affected by these attributes; and finally, the metrics that measure such attributes can be direct, indirect or indicators. The next step is to find out what kind of information is available on the entities that intend to evaluate (software components), and this information the only measurable elements based on which metrics can be defined.

Various information are not available for all commercial components, so there must be a balance between the information required by the metrics and the difficulties that component suppliers have to supply them. Thus we have the principle a need for information to evaluate the usability of a set of software components that are candidates to be integrated into a software product and choose the best among them.

Since each attribute to be measured may have one or more metrics (Metric direct, indirect and indicators) which evaluate, defined in the following table metric proposals for measuring the measurable concepts.

Attribute	Indicator	Indirect metrics
Readability Project	Significant names	Proportion of functional elements with meaningful names
Comprehensibility Interface	Comprehensibility of the functional elements	Proportion of functional elements utilized without errors
Understandability of incoming and outgoing messages	Comprehensible input and output	Proportion of correctly understood exceptions
		Proportion of returned values correctly understood
		Proportion of correctly understood arguments
Easy learning	Time of use	Average time to use the component
	Tim of experience	Average time to master the component
Customization	Customization interface	Configurable parameters for the interface relationship
		Configurable parameters for the relationship of operations
Quality of error messages	Adequacy of error messages	Error messages by functional

		element density
	Clearness of error messages	Proportion of correctly understood error messages
Interface Complexity	Interface Density	Operations interface density
		Events for interface density

Table 1. metrics associated with the complexity of the design.

The sets of metrics defined in this study was based on the ISO 9126 offering simple and useful results for the component selection process, focusing on usability that is the main quality of great importance for any software.

IV. CONCLUSION AND FUTURE WORK

Some of the metrics proposed in this paper are subjective and therefore difficult to automate. We should focus on objective metrics, discarding most metrics who own values are calculated by a subjective process, defining correlations that allow infer their values from the value of other objective metrics. Beyond further study of the issues mentioned above, we intend to validate the metrics proposed in this work [7] analyzing the main components of the proposed metrics.

REFERENCES

- [1] S. M. Butt, A. Om, N. Tabassam, and M. M. Butt, "Enhancing the Effectiveness of Software Development and Interface Evaluation," *Journal of Computer Science and information technology*, vol. 2, No. 1, pp. 75-89, March 2014.
- [2] R M. Ramlı and A. laafar, "e-RUE: A Cheap Possible Solution for Usability Evaluation," *International Symposium on Information Technology 2008 (ITSim08)*, vol. 3, pp. 1-5, August 2008.
- [3] NIELSEN, Jakob. *Usability Engineering*. Boston: Academic Press, 1993.
- [4] M. F. Bertoa, J. M. Troya, A. Vallecillo. "A Survey on the Quality Information Provided by Software Component Vendors." In *Proc. of the 7th ECOOP Workshop on Quantitative Approaches in Object-Oriented Software Engineering (QAOOSE 2003)*, pp. 25-30. Darmstadt, Germany, July 2003.
- [5] S. Elbaum, D. Gable, G. Rothermel "Understanding and measuring the source of variation in the prioritization of regression test suites", *Proc. of seventh Intl. Software Metrics Symposium (Metrics'01)*, pp. 169-179, London, April 2001.
- [6] N. E. Fenton, "Software Metrics: Successes, Failures & New Directions," presented at *ASM 99: Applications of Software Measurement*, San Jose, CA, 1999. http://www.stickyminds.com/s.asp?F=S2624_ART_2
- [7] S. Elbaum, D. Gable, G. Rothermel "Understanding and measuring the source of variation in the prioritization of regression test suites", *Proc. of seventh Intl. Software Metrics Symposium (Metrics'01)*, pp. 169-179, London, April 2001.
- [8] ISO/IEC 9126-1:2001 "Software Engineering—Product Quality—Part 1: Quality model", June 2001.
- [9] IEEE Std.610.12-1990, *IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology*.
- [10] B.W. Boehm, J.R. Brown, J.R. Kaspar et al., "Characteristics of Software Quality", *TRW Series of Software Technology*, Amsterdam, North Holland, 1978.
- [11] N. Fenton and S.L. Pfleeger. "Software Metrics: A rigorous approach" 2 ed. Chapman & Hall, London, 1998.
- [12] ISO/IEC (2011). *Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models*. International Standard ISO/IEC 25010:2011.
- [13] Ivory M. and Martı H., "The State of the Art in Automating Usability Evaluation of User Interfaces," *Computer Journal of ACM Computing Surveys*, vol. 33, no. 4, pp. 470-516, 2001.
- [14] Balbo S. "Automatic Evaluation of User Interface Usability: Dream or Reality," in *Proceedings of the Queensland ComputerHuman Interaction Symposium, Australia*, pp. 4446 1995.
- [15] Beirekdar A., Jean V., and Monique N., "KWARESMII: Knowledge-Based Web Automated Evaluation with Reconfigurable Guidelines Optimization," <"citeseer.ist.psu.edu/article/-beirekdar02kwaresmi.html">, Last Visited 2016
- [16] Farenc Ch. and Palanque P., "A Generic Framework Based on Ergonomic Rules for Computer-Aided Design of User Interface," in *Proceedings of the 3rd International Conference on Computer-Aided Design of User Interfaces*, <"<http://lis.univtlse1fr/farenc/papers/-cadui-9.ps>">. Last Visited 2016.
- [17] Farenc C., Palanque P, Bastide R., "Embedding Ergonomic Rules as Generic Requirements in the Development Process of Interactive Software," in *Proceedings of the 7th IFIP Conference on Human-Computer Interaction Interact'99*, UK, <http://lis.univtlse1fr/farenc/-papers/interact-99.ps>, Last Visited 2016.

Utilizando el Algoritmo del Campeonato de Futbol para resolver el Problema del Conjunto de Cobertura

Using the Soccer League Competition Algorithm to solve the Set Covering Problem

Adrián Jaramillo¹, Álvaro Gómez¹, Sebastián Mansilla¹, Juan Salas¹

Escuela de Ingeniería Informática

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV)
Santiago, Chile

{adrian.jaramillo.s, alvaro.gomez.r, sebastian.mansilla.v,
juan.salas.f}@mail.pucv.cl

Broderick Crawford^{1,2}, Ricardo Soto^{1,3,4}, Eduardo Olguín²

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

² Universidad San Sebastián, Chile.

³ Universidad Autónoma de Chile, Chile.

⁴ Universidad Científica del Sur, Perú.

{broderick.crawford, ricardo.soto}@pucv.cl

Resumo — El Algoritmo del Campeonato de Futbol es un nuevo y reciente enfoque para resolver problemas de optimización mediante técnica metaheurística. Este algoritmo está basado en la interacción que se presenta entre equipos y jugadores de futbol dentro de un campeonato, en el que el principal objetivo es ganar cada partido y convertirse en el jugador con el mejor rendimiento dentro del equipo y/o del campeonato. El presente trabajo cubre una implementación programática del Algoritmo del Campeonato de Fútbol mediante lenguaje Python para resolver el Problema del Conjunto Cobertura.

Palabras Clave - optimización; metaheurística; algoritmo del campeonato de futbol; problema de cobertura.

Abstract — The Soccer League Competition algorithm is a recently new approach to solve optimization problems using metaheuristic technique. It is based in the interaction between soccer players and teams, and the primary objective to win each match and become the best team player or league player. The present paper intends the Python programmatic implementation of Soccer League Competition to solve the Set Covering Problem.

Keywords - optimization; metaheuristic; soccer league competition; set covering problem.

I. INTRODUCCIÓN

El Problema del Conjunto de Cobertura o *Set Covering Problem* (SCP por sus siglas en inglés) ha sido estudiado ampliamente en las últimas décadas por estar presente en varios escenarios de la vida real: investigación de operaciones, aprendizaje automático, planeación, minería de datos, calidad de datos, recuperación de información, entre otros, como indican [3, 4]. Varias técnicas se han propuesto para encontrar solución a SCP en escenarios de alta complejidad en los que las técnicas exactas no resultan ser eficientes. Varias de estas técnicas por aproximación o *metaheurísticas* se basan en modelos tomados de la naturaleza, tales como el trabajo colaborativo de las abejas, colonias de hormigas, cardúmenes

de peces, mutaciones genéricas, modelos gravitacionales, entre otros, como se indican en [5-8, 13].

El Algoritmo del Campeonato de Futbol [10-12], o *Soccer League Competition* (SLC por sus siglas en inglés), es una metaheurística reciente, modelada a partir de la dinámica que se observa en los campeonatos de futbol en los que equipos con mejores jugadores aumentan sus posibilidades de victoria en cada partido, y, por consiguiente, ser los ganadores del campeonato. La existencia de jugadores con nivel de rendimiento destacado incentiva a sus otros compañeros a mejorar su rendimiento individual, buscando pasar a ocupar un papel más destacado al interior del equipo o bien ser adquiridos por otros equipos en mejores posiciones. El presente trabajo propone una derivación del algoritmo SLC para ser aplicado en la resolución del SCP; una implementación Python de dicho modelo derivado y la recolección de resultados de su ejecución sobre una variedad de set de datos de prueba para SCP provisto por OR-Library [1].

II. EL PROBLEMA DEL CONJUNTO DE COBERTURA

A. Planteamiento

Como se indica en [14], dados n subconjuntos de elementos cuya unión es el conjunto S , un elemento cualquiera es cubierto por uno de los subconjuntos si pertenece a dicho subconjunto. Una cobertura de S es un grupo de n subconjuntos de S en las que cada elemento de S dispone de cobertura en al menos un subconjunto del grupo. El SCP puede ser formulado como:

$$\min C = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I = \{1, 2, \dots, m\} \quad (2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J = \{1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

El SCP consiste en encontrar un vector solución $X = (x^1, x^2, \dots, x^n) \in \{0,1\}^n$ tal que (2) y (3) sean verificadas y que $C : R^n \rightarrow R$ sea mínimo.

III. EL ALGORITMO DEL CAMPEONATO DE FUTBOL

Para entender la relación entre la realidad y el modelo subyacente de SLC, ciertos elementos deben ser identificados y definidos [10-12].

Asociado a un jugador de fútbol, definimos $X = (x^1, x^2, \dots, x^n)$ como un vector n-dimensional dentro de un espacio de soluciones S . Cada dimensión x^d del vector corresponde a una variable de decisión del problema. Para un conjunto de $N_{players}$ jugadores asociados a un equipo T_k definimos, entonces:

$$X_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^d) \mid X_i \in T_k \quad \begin{matrix} i \in \{1, 2, \dots, N_{players}\} \\ k \in \{1, 2, \dots, N_{teams}\} \end{matrix} \quad (4)$$

Se definen 2 tipos de jugadores: **fijos** y **suplentes**, F_i y S_i , respectivamente. Un vector solución X será fijo o suplente, y pertenecerá a un equipo u otro, de acuerdo a cierto ranking a ser explicado más adelante en el presente trabajo. Cada equipo T consta de un número determinado de jugadores fijos, N_f , y suplentes, N_s . La cantidad de jugadores fijos, al igual que la de suplentes, es la misma para todos los equipos. Luego, para cualquier equipo T_k dentro de un grupo de N_{teams} equipos se verifica:

$$|T_k| = N_f + N_s \quad k \in \{1, 2, \dots, N_{teams}\} \quad (5)$$

A cada jugador X se asocia un valor escalar indicando su **nivel rendimiento**, pp_i , y que permite comparar jugadores. Sea $PP : R^n \rightarrow R$ una función que calcula pp_i para X :

$$pp_i = PP(X_i) \quad (6)$$

Si dos vectores solución X_j y X_k verifican que $PP(X_j) > PP(X_k)$ entonces diremos que X_j posee mejor rendimiento que X_k . Dentro de un equipo T_k encontramos siempre a un jugador con mejor rendimiento respecto al resto de sus compañeros y que designaremos como **jugador estrella**, SP_k . De igual forma, a nivel de campeonato encontramos al **jugador súper estrella**, SSP, con mejor rendimiento respecto a todos los jugadores.

Definimos como TP al **rendimiento del equipo** T , calculado como el promedio del rendimiento de sus integrantes fijos y suplentes:

$$TP = \sum_{X_i \in T} \frac{PP(X_i)}{|T|} \quad (7)$$

Dada una población de $(N_f + N_s) * N_{teams}$ vectores solución (jugadores) el algoritmo *rankea* a éstos de mayor a menor nivel de rendimiento pp_i . Los primeros $(N_f + N_s)$ jugadores del *ranking* corresponden al equipo T_1 , los siguientes $(N_f + N_s)$ jugadores al segundo equipo T_2 , etc. El primer equipo es el que concentra los jugadores con mejor rendimiento y es donde encontramos al **jugador súper estrella** SSP en la primera posición del *ranking*. Dentro de un equipo k cualquiera, el primer jugador del sub-*ranking* corresponde al **jugador**

estrella SP_k del equipo; sus primeros N_f jugadores corresponden a sus integrantes fijos y los siguientes N_s a sus suplentes.

En SLC un enfrentamiento entre 2 equipos T_j y T_k define siempre un **único** ganador. Las probabilidades de victoria de T_j y T_k y que designamos como PV_j y PV_k , respectivamente, están en relación directa con el rendimiento de sus jugadores, y de manera inversa con el rendimiento del equipo oponente:

$$PV_j = \frac{TP_j}{TP_j + TP_k} \quad j \neq k \wedge j, k \in \{1, 2, \dots, N_{teams}\} \quad (8)$$

$$PV_k = \frac{TP_k}{TP_j + TP_k} \quad j \neq k \wedge j, k \in \{1, 2, \dots, N_{teams}\} \quad (9)$$

$$PV_j + PV_k = 1 \quad j \neq k \wedge j, k \in \{1, 2, \dots, N_{teams}\} \quad (10)$$

Todos los equipos deben confrontarse sin repeticiones, esto es $C(N_{teams}, 2)$ enfrentamientos para un total de N_{teams} equipos. Definido el equipo vencedor del partido el algoritmo aplica 2 operadores de movimiento al equipo vencedor y 2 al perdedor. En el equipo vencedor, cada jugador fijo F_i intentará mejorar su desempeño propio imitando al jugador estrella o súper estrella, para ello desplazándose hacia SP_k o SSP dentro del espacio de soluciones S y que conlleve a un aumento de su pp_i . Este **operador de imitación** se define por:

$$F_{new1} = \mu_1 F_i + \tau_1 (SSP - F_i) + \tau_2 (SP_k - F_i) \quad (11)$$

$$F_{new1} = \mu_2 F_i + \tau_1 (SSP - F_i) + \tau_2 (SP_k - F_i) \quad (12)$$

donde $\mu_1 \sim U(0, \beta)$, $\mu_2 \sim U(0, \theta)$, $\theta \in [0, 1]$, $\beta \in [1, 2]$ y $\tau_1, \tau_2 \in (0, 1)$ son números aleatorios con distribución uniforme. F_i será reemplazado por F_{new1} si éste obtiene una mejora en el valor de pp_i , en caso contrario F_i será reemplazado por F_{new2} si éste obtiene una mejora de su pp_i . Si ni F_{new1} ni F_{new2} mejoran rendimiento respecto al de F_i , entonces F_i queda sin cambios.

En el equipo vencedor, los jugadores suplentes intentarán mejorar su desempeño aproximándose al centro de gravedad de los jugadores fijos del equipo mediante el **operador de provocación** definido como:

$$S_{new1} = G_k + \chi_1 (G_k - S_i) \quad (13)$$

$$S_{new2} = G_k + \chi_2 (S_i - G_k) \quad (14)$$

donde $\chi_1 \sim U(0.9, 1)$, $\chi_2 \sim U(0.4, 0.6)$ son números aleatorios con distribución uniforme y el vector G_k está definido como:

$$G_k^d = \frac{\sum_{F_i \in T_k^d} F_i^d}{N_f} \quad (15)$$

De acuerdo a (13) y (14), S_{new1} reemplazará a S_i si se obtiene mejora de rendimiento pp_i , en caso contrario S_{new2} reemplazará a S_i si se obtiene mejora de pp_i . Si ni S_{new1} ni S_{new2} mejoran rendimiento respecto a S_k , entonces S_i es sustituido por un vector solución generado aleatoriamente.

En el equipo perdedor sus jugadores fijos experimentarán el efecto de algún **operador de mutación** para introducir alguna variabilidad en sus integrantes de manera mejorar la probabilidad de victoria en los partidos futuros, ejemplo mediante GA. Algunos jugadores suplentes serán reemplazados por nuevas promesas definidas mediante el siguiente **operador de sustitución**:

$$S_{newk} = \alpha \times S_k + (1 - \alpha) \times S_i \quad (16)$$

$$S_{newi} = \alpha \times S_i + (1 - \alpha) \times S_k \quad (17)$$

donde $\alpha \in R^n$ es un vector con valores $\{0,1\}$ definidos aleatoriamente con distribución uniforme, y $\mathbf{1}$ es el vector unitario en R^n . S_{newk} reemplazará a S_k en caso que mejore el valor pp_i de S_k . De igual manera S_{newi} reemplazará a S_i en caso de que mejore pp_i de S_i .

Considerando (8) y (9), un enfrentamiento entre dos equipos T_j y T_k se basa en la determinación de un valor aleatorio con distribución uniforme dentro del rango $[0,1]$ que de pertenecer al rango $[0, PV_j]$ implica que equipo T_j es el vencedor del partido, en caso contrario el vencedor ser T_k .

SLC define una función $PP(X)$ para el cálculo de rendimiento pp_i del jugador X_i . Ésta puede ser definida a partir de una función de evaluación, costo, o *fitness* $C(X)$ definida por el problema a resolver. En caso de búsqueda de minimización se puede establecer:

$$PP(X) = \frac{1}{C(X)} \quad (18)$$

en caso de un problema de maximización:

$$PP(X) = C(X) \quad (19)$$

Si existen restricciones al espacio de soluciones, éstas deben ser consideradas a la hora de determinar soluciones factibles (jugadores).

A. Algoritmo en acción

SLC se inicia definiendo aleatoriamente una población de vectores solución. Se calcula pp_i para cada jugador y *rankea* de mayor a menor valor pp_i determinándose los jugadores integrantes de cada equipo; quiénes son fijos y suplentes. Se establecen los enfrentamientos sin repetición y comienzan la serie de partidos. Finalizado un enfrentamiento el equipo vencedor aplica cambios a sus integrantes mediante operadores de **imitación** y **provocación**. Integrantes del equipo perdedor experimentan cambios mediante operador de **mutación** y de **sustitución**. Una vez que finalizan todos los enfrentamientos se reorganiza el ranking por pp_i . En el top de la lista se encontrará el SSP asociado al mejor vector solución conocido hasta entonces que mejora el valor de *fitness*. Este proceso se repite hasta que se han cursado un número predefinido de rondas o bien hasta que se cumple cierto criterio de parada.

IV. APLICACIÓN DE SLC PARA LA RESOLUCIÓN DE SCP

A partir de (1) se puede definir la función de rendimiento $PP(X)$ en caso de un problema de maximización, o su inverso

en caso de minimización. Cada una de las restricciones expresadas en (2) y (3) deben estar contempladas dentro de una función de validación con capacidad de reparar soluciones no factibles. Un enfoque ADD/DROP puede ser incluido para reparar dichas soluciones (activar columnas no cubiertas y desactivar columnas redundantes).

SLC está modelado para actuar sobre espacios continuos en donde la aplicación del álgebra vectorial no implica inconvenientes. Sin embargo, para su utilización en espacios discretos y en particular en espacios binarios ciertos ajustes al modelo son necesarios y que redefinen los operadores de desplazamiento. El **operador de imitación**, que busca acercar F_i a SSP o SP, dentro de un espacio binario puede hacer uso del concepto de distancia de *Hamming* entre F_i y SSP o SP, buscando reducirla mediante el siguiente planteamiento:

$$F_{new1}^d = \begin{cases} SSP^d & \text{si } rand() \leq p_{imitacion} \\ F^d & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (20)$$

$$F_{new2}^d = \begin{cases} SP^d & \text{si } rand() \leq p_{imitacion} \\ F^d & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (21)$$

donde $rand() \sim U(0, 1)$ y $p_{imitacion}$ es la probabilidad de imitación definido como parámetro del modelo.

Para el **operador de provocación**, el centroide G_k de un equipo T_k puede ser reformulado como sigue:

$$BG_k^d = \begin{cases} 1 & \text{si } G_k^d \geq 0.5 \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (22)$$

La aplicación del operador de provocación y el de sustitución puede dar como resultado la aparición de soluciones no binarias. Se propone la siguiente función de binarización que considera el trabajo comparativo desarrollado en [9]:

$$B(x^d) = \begin{cases} 1 & \text{si } rand() \leq T(x(t)^d) \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (23)$$

siendo

$$T(x(t)^d) = \left\lfloor \frac{2}{\pi} \arctan\left(\frac{\pi}{2} x^d\right) \right\rfloor \quad (24)$$

Un **operador de mutación** para jugadores fijos de equipos perdedores puede ser considerado como:

$$F_{new}^d = \begin{cases} F^d & \text{si } rand() \leq p_{mutacion} \\ \sim F^d & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (25)$$

donde $rand() \sim U(0, 1)$ y $p_{mutacion}$ es la probabilidad de mutación de una dimensión x^d , definido como parámetro del modelo.

V. IMPLEMENTACIÓN PYTHON Y RESULTADOS

Se utilizó Python 3.1.5 para codificación de representación interna de datos, operadores de desplazamiento, función de rendimiento, chequeo de factibilidad de una solución y de reparación de soluciones no factibles. Para datos generados

por el proceso y posterior análisis se utilizó MySQL [2]. La implementación fue ejecutada sobre 30 set de datos *benchmark* para SCP obtenidos desde OR-Library [1] utilizando servidores y computadores personales con diferentes capacidades de computación. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

Instancia SCP	Resultados comparativos Benchmark OR-Library				
	Z _{BKS}	Z _{min}	Z _{MAX}	Z _{AVG}	RPD
4.1	429	431	461	444,5	0,47
4.2	512	519	570	544,1	1,37
4.3	516	520	549	535,0	0,78
4.4	494	503	549	525,8	1,82
4.5	512	518	550	531,4	1,17
4.6	560	566	640	585,3	1,07
4.7	430	435	464	447,4	1,16
4.8	492	499	541	518,2	1,42
4.9	641	678	709	689,5	5,77
4.10	514	542	575	548,4	1,95
5.1	253	254	13.893	722,1	0,40
5.2	302	311	17.408	1.404,2	2,98
5.3	226	229	43.344	1.958,6	1,33
5.4	242	242	250	245,8	0,00
5.5	211	212	227	219,0	0,47
5.6	213	217	230	221,8	1,88
5.7	293	301	315	309,7	2,73
5.8	288	294	315	302,0	2,08
5.9	279	292	294	292,7	4,66
5.10	265	269	13.601	942,5	0,02
6.1	138	144	153	147,0	4,35
6.2	146	149	162	154,0	2,05
6.3	145	150	157	152,3	3,45
6.4	131	131	135	132,7	0,00
6.5	161	171	176	174,0	6,21

Cada instancia fue ejecutada 31 veces cada una. Instancias 4.1 a 4.10, con 200 restricciones y 1.000 variables de decisión, usando 7 equipos, 11 jugadores fijos, 5 suplentes en 5 campeonatos consecutivos. Instancias 5.1 a 5.10, con 200 restricciones y 2.000 variables de decisión, usando 7 equipos, 11 jugadores fijos y 5 jugadores suplentes, en 5 campeonatos consecutivos. Instancias 6.1 a 6.5, con 200 restricciones y 1.000 variables de decisión, utilizando 7 equipos, 11 jugadores fijos y 5 jugadores suplentes, durante 5 campeonatos consecutivos. Cada uno de los escenarios anteriores arrojaron buen RPD respecto a Z_{BKS} (valor óptimo conocido para cada instancia) con una diferencia en general menor al 5%. Para otras instancias como A1 a A5, que consideran 200 restricciones y 3.000 variables de decisión no fue posible obtener evidencia de convergencia en el tiempo y exige una revisión más detallada de los mecanismos de diversificación considerados en esta implementación.

VI. CONCLUSIONES

El presente trabajo expone una implementación de SLC con ciertos ajustes al modelo original para poder trabajar sobre espacios binarios de manera ser aplicado a la resolución del SCP. Se utilizó Python para la implementación y se testó sobre un set de pruebas tomados desde OR-Library para poner a prueba su efectividad y nivel de convergencia. Para escenarios de hasta 200 restricciones y 2.000 variables de decisión se consiguen buenos resultados respecto a los óptimos conocidos y documentados por OR-Library. Se ejecutaron pruebas sobre diversos escenarios de hardware, siendo posible en equipos Intel i7 con 16GB de RAM la ejecución simultánea

de hasta 10 instancias del algoritmo con una sobrecarga de CPU del 87% en promedio. Respecto a este punto, el tiempo consumido es un importante elemento a ser abordado en escenarios de gran número de restricciones y variables de decisión (ejemplo instancias A1 a A.5) en donde un enfoque de computación paralela puede ser una buena alternativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] OR-Library a collection of test data sets for a variety of operations research (or) problems. <http://people.brunel.ac.uk/mastjib/jeb/orlib/scpinfo.html>. Accessed: 2015-03-30.
- [2] PyPyODBC a pure python odbc module by ctypes. <https://pypi.python.org/pypi/pypyodbc>. Accessed: 2015-01-20.
- [3] Spiros N. Agathos and Evangelos Papapetrou. On the set cover problem for broad-casting in wireless ad hoc networks. *IEEE Communications Letters*, 17(11):2192–2195, 2013.
- [4] Graham Cormode, Howard Karloff, and Anthony Wirth. Set cover algorithms for very large datasets. In *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Information and Knowledge Management, CIKM '10*, pages 479–488, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [5] Broderick Crawford, Ricardo Soto, Rodrigo Cuesta, Miguel Olivares-Suárez, Franklin Johnson, and Eduardo Olguín. Two swarm intelligence algorithms for the set covering problem. In *ICSOFT-EA 2014 - Proceedings of the 9th International Conference on Software Engineering and Applications*, Vienna, Austria, 29-31 August, 2014, pages 60–69, 2014.
- [6] Broderick Crawford, Ricardo Soto, and Eric Monfroy. Cultural algorithms for the set covering problem. In *Advances in Swarm Intelligence, 4th International Conference, ICSI 2013, Harbin, China, June 12-15, 2013, Proceedings, Part II*, pages 27–34, 2013.
- [7] Broderick Crawford, Ricardo Soto, Cristian Peña, Marco Riquelme-Leiva, Claudio Torres-Rojas, Sanjay Misra, Franklin Johnson, and Fernando Paredes. A comparison of three recent nature-inspired metaheuristics for the set covering problem. In *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2015 - 15th International Conference, Banff, AB, Canada, June 22-25, 2015, Proceedings, Part IV*, pages 431–443, 2015.
- [8] Broderick Crawford, Ricardo Soto, Claudio Torres-Rojas, Cristian Peña, Marco Riquelme-Leiva, Sanjay Misra, Franklin Johnson, and Fernando Paredes. A binary fruit fly optimization algorithm to solve the set covering problem. In *Computational Science and Its Applications - ICCSA 2015 - 15th International Conference, Banff, AB, Canada, June 22-25, 2015, Proceedings, Part IV*, pages 411–420, 2015.
- [9] Seyedali Mirjalili and Andrew Lewis. S-shaped versus v-shaped transfer functions for binary particle swarm optimization. *Swarm and Evolutionary Computation*, 9:1–14, 2013.
- [10] Naser Moosavian. Soccer league competition algorithm, a new method for solving systems of nonlinear equations. *Scientific Research*, 4:7–16, 2014.
- [11] Naser Moosavian. Soccer league competition algorithm for solving knapsack problems. *Swarm and Evolutionary Computation*, 20:14–22, 2015.
- [12] Naser Moosavian and Babak Kasaei Roodsari. Soccer league competition algorithm: A novel meta-heuristic algorithm for optimal design of water distribution networks. *Swarm and Evolutionary Computation*, 17:14–24, 2014.
- [13] Ricardo Soto, Broderick Crawford, Rodrigo Olivares, Jorge Barraza, Franklin Johnson, and Fernando Paredes. A binary cuckoo search algorithm for solving the set covering problem. In *Bioinspired Computation in Artificial Systems - International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation, IWINAC 2015, Elche, Spain, June 1-5, 2015, Proceedings, Part II*, pages 88–97, 2015.
- [14] Qi Yang, Jamie McPeck, and Adam Nofsinger. Efficient and effective practical algorithms for the set covering problem. In *Proceedings of the 2008 International Conference on Scientific Computing, CSC 2008, July 14-17, 2008, Las Vegas, Nevada, USA*, pages 156–159, 2008.

HyFlex, modelo híbrido y flexible para la enseñanza universitaria

Estudio de caso: Universidad Técnica Particular de Loja – Ecuador

HyFlex, hybrid and flexible model for university education

Case Study: Universidad Técnica Particular de Loja - Ecuador

Hernán Yaguana Romero

Nelson Vicente Chávez

Isidro Marín Gutiérrez

Departamento de Comunicación

Universidad Técnica Particular de Loja

Loja, Ecuador

hayaguana@utpl.edu.ec

nvchavez2@utpl.edu.ec

imarin1@utpl.edu.ec

Resumen — En esta comunicación revisaremos las características del modelo HyFlex y estudiaremos la experiencia en la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) en su implementación. Se acepta el modelo HyFlex como una propuesta innovadora que da a los cursos *Blended Learning* nuevas características de flexibilidad y de adaptación con respecto a la disponibilidad de espacio y tiempo del alumnado, así como a su forma de aprendizaje. Nuestra investigación estuvo orientada hacia dos cuestiones principalmente: la descripción del modelo y el estudio de caso. Estos aspectos van a concluir en una valoración de fortalezas y debilidades del modelo HyFlex y también en estrategias de su aplicación. Así, el estudio de caso de la UTPL ha sido positivo, pero se han identificado algunos obstáculos para su ejecución, principalmente relacionados con la formación del profesorado. Existe pocas investigaciones sobre el modelo HyFlex, pero ahondar en el estudio de este tipo de prácticas es necesario para contar con información suficientes para valorar la pertinencia de su aplicación en el contexto global.

Palabras Clave - *HyFlex, Blended learning, educación, TICs, Formación flexible, Modalidades de enseñanza.*

Abstract — In this paper we review the features of the HyFlex experience and study at the Technical University of Loja (UTPL) in its implementation. The HyFlex model is accepted as an innovative proposal that gives courses Blended Learning new features of flexibility and adaptation with respect to the availability of space and time of the students as well as their way of learning. Our research was mainly oriented towards two issues: the description of the model and case study. These aspects will conclude on an assessment of strengths and weaknesses of HyFlex and strategies for its implementation. Thus, the case study of the UTPL has been positive, but some obstacles have been identified for implementation, mainly related to teacher training. There is little research on HyFlex model but further investigation of these practices is necessary to have sufficient

information to assess the relevance of its application in the global context.

Keywords - *HyFlex, Blended learning, media education, ICT, flexible training, teaching methods.*

I. INTRODUCCIÓN

La educación superior desde hace un buen tiempo atrás se ha constituido en uno de los campos más pertinentes para la aplicación, la prueba, el descarte o la aceptación de la tecnología, sobre todo tecnología relacionada a la información y comunicación. Una de las primeras, y quizá la más exitosa en cuanto a adaptabilidad, perduración y uso, ha sido la impresión, introducida como elemento complementario de la enseñanza, antes sólo oral y dependía exclusivamente del profesor. La imprenta dio origen al libro, al texto, al mural y a otros cuantos recursos más que sirvieron de soporte para el florecimiento de la educación. Posteriormente, a mediados del siglo XX aparece lo audiovisual, principalmente la televisión, que por sus características de portabilidad, de comunicar e informar masivamente, rapidez, sutilidad y movimiento se vuelve idónea y asequible para la educación. Va a emerger la teleeducación, programas audiovisuales cuyo contenido se basa exclusivamente en la enseñanza. Hoy, en pleno siglo XXI, es la tecnología digital la que irrumpe por completo en todos los campos, siendo la educación uno de ellos.

La nueva era ha traído consigo un cambio estructural en los campos económicos, políticos y culturales, creando así una nueva forma de ver y entender el mundo. En esa lógica se inserta la educación, mediada en su mayoría por técnicas digitales que le han dado una nueva concepción. Como señala López Carrasco [1] es difícil pensar en centros educativos donde la tecnología no haya tenido incidencia. Pese a que el

aula siga teniendo un pizarrón y pupitres, no cabe duda que lo digital de alguna forma también está ahí, ya sea mediante un computador conectado a Internet, una tableta o celular de un alumno. Los cambios en el ámbito educativo no sólo están adscritos al uso de la tecnología como herramienta complementaria del proceso, sino a la creación de nuevas formas de enseñar [2]. Formas que a la final vienen a responder a necesidades detectadas dentro de los procesos educativos de antaño, difíciles de establecer con los mecanismos de esas épocas.

Lo digital además de reducir el tamaño de las cosas y de crear nuevos modos para comunicarnos, ha extendido lo físico hacia lo virtual, mezclándolo todo. Lo que aquí con lo de allá y viceversa, creando hibridismos culturales [3], que al final se ven expresados en una modernidad líquida [4] donde la lógica que hace poco era suficiente para entender el mundo. Hoy no alcanza, por tanto demanda de una reconstrucción del todo [5]. Los procesos de comunicación básicos para realizar la enseñanza superior tienen nuevas características en el entorno digital, aparecen otros escenarios mediáticos donde la virtualidad, la multimedialidad, la hipertextualidad y la interactividad sobresalen ante el resto. Y es allí donde la educación superior, sobre todo, ha emprendido con nuevas formas de educación que comprenden desde los Entornos de Aprendizaje Virtuales (EVA), hasta los modelos de formación.

Para entender como el cambio tecnológico afecta a las universidades, repasamos el informe NMC [6]. El informe NMC Horizon Report sobre Educación Superior 2014 analiza los próximos desafíos de la enseñanza superior y los clasifica en “Desafíos solucionables” (baja fluidez digital en los claustros y relativa falta de recompensa en la enseñanza), “Desafíos difíciles” (la competencia a partir de los nuevos modelos educativos y el incremento de la innovación pedagógica) y “Desafíos complejos” (ampliando el acceso y manteniendo la educación relevante).

Según el estudio, las tendencias clave que acelerarán la adopción de nuevas tecnologías en las universidades durante los próximos años son:

- La creciente ubicuidad de las redes sociales.
- La integración del aprendizaje *online*, híbrido y colaborativo.
- Aumento de aprendizaje y la evaluación basada en datos.
- Pasar de estudiantes como consumidores a estudiantes como creadores.
- Métodos ágiles para el cambio.
- Evolución del aprendizaje *online*.

De las seis tendencias que describe el informe, nuestro estudio va enfocado en la segunda “la integración del aprendizaje online, híbrido y colaborativo”, a partir del modelo HyFlex. Modelo propuesto por primera vez por Brian Beatty en el año 2006 dentro de la Convención Internacional Anual de Tecnología 2006 de la Asociación para la Comunicación Educativa [7].

II. DESCRIPCIÓN DEL MODELO HYFLEX

Su denominación proviene de dos palabras: “híbrido” y “flexible” (HyFlex), por tanto estamos hablando de un modelo que aprovecha una variedad de tecnologías online, como encuestas interactivas, grabaciones y un canal de comunicación sincrónica durante el tiempo de clase que permite a los estudiantes optimizar el aprendizaje [10].

Le da al alumnado experiencias de aprendizaje, virtuales y presenciales, de una manera flexible. Esta flexibilidad se encuentra implícita tanto en la forma de presentar los contenidos, como en las propias actividades. El alumnado podrá realizar todas estas actividades o elegir entre opciones similares. En conclusión, los estudiantes crean su propia mezcla de participación, ajustándola a sus necesidades y deseos [7].

Esa virtualidad más la presencialidad crea una sinergia muy interesante en el aprendizaje, tanto de adaptación a un modelo asincrónico basado en tecnologías totalmente nuevas, como la posibilidad de ir descubriendo la metodología que mayor beneficio le representa en su aprendizaje. Además, fortalece otras actitudes propias del estudio a distancia y del presencial: autonomía, responsabilidad, autocrítica, trabajo colaborativo y organización.

III. EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN HYFLEX

A pesar de ser un modelo relativamente nuevo HyFlex ya ha sido probado en varias Universidades de Estados Unidos, Canadá, México, Australia y Ecuador. El más reciente fue el realizado por Kyei-Blankson Godwyl y Nur-Awaleh [8], en el cual se obtuvo como resultados que, la mayoría de los estudiantes apreciaban la oportunidad de combinar su propio aprendizaje. Mientras que más del 85% señalaron que definitivamente se inscribirían en otro curso HyFlex. Por otro lado, un porcentaje elevado de los docentes (95%) reportó altos niveles de satisfacción sobre la base de las oportunidades de aprendizaje y construcción del conocimiento [7].

Otro caso de estudio es el realizado por el Dr. Miller en la Ohio State University, donde se reportaron también algunos datos muy interesantes. Así el 95% de los estudiantes prefería tener opciones de cómo utilizar la tecnología para apoyar su aprendizaje. El 95% de los estudiantes de su curso también consideró que el modelo propuesto aumentaba su comprensión conceptual de la materia. El 70% consideró que el tener una opción en la forma en que utilizan la tecnología mejoró su participación por encima del nivel que se esperaba en el inicio de la formación [9].

IV. CURSOS HYFLEX EN LA UTPL

En la mayor parte de instituciones donde se aplicó el modelo HyFlex los resultados han sido prometedores. Distó aún de ser un modelo completamente acabado y probado, pero ha empezado por buen camino. Es por ello que la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), entidad educativa ubicada al sur de Ecuador, viene trabajando con este modelo en algunas materias desde el año 2013.

La adaptación del modelo dentro del campus universitario demandó de un equipamiento técnico (*hardware* y *software*), además de un proceso de capacitación para los docentes señalados en el proyecto.

Disposición de los equipos en el aula de clase

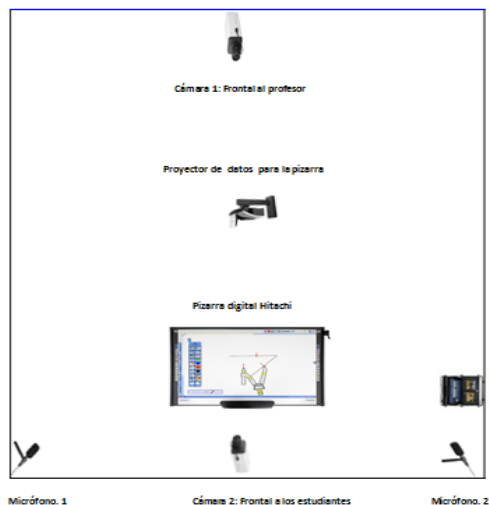


Figure 1. Esquema técnico de las aulas

Se inició con 24 asignaturas, cada una de ellas coordinada por un profesor. Se trató que fueran de diversas áreas del conocimiento. En su primer año (2013) se trató en lo posible de adaptarse a la nueva cultura, tanto docentes como estudiantes experimentaron el modelo, por tal razón no hubo resultados que sirvieran de muestra real.

V. MÉTODO E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Para el 2014, una vez establecido el proyecto Hyflex se trabajó con nueve asignaturas, correspondientes a cuatro escuelas. Después de la terminación del curso semestral, se aplicó a los estudiantes involucrados una encuesta física conformada por varias preguntas cerradas sobre el impacto del modelo HyFlex principalmente enlazado en su experiencia académica.

TABLE I. MODELO DE ENCUESTA APLICADO A LOS PARTICIPANTES DEL PROYECTO HYFLEX

Preguntas:	Sí	No	No Contesta
1. ¿El uso de las herramientas de HyFlex le proporcionan mayor autonomía para el estudio?			
2. ¿Los contenidos que se ofrecen vía online complementan las clases en vivo?			

3. ¿La tecnología HyFlex ayuda a recordar contenidos, tareas, y otras actividades que no son comprendidas en la clases presencial?			
4. ¿Con la introducción de la metodología HyFlex se aprovecha de mejor manera el tiempo que se destina para el estudio?			
5. ¿Han podido personalizar su experiencia educativa?			
6. ¿Con la introducción de la metodología HyFlex usted aprende más en línea que en vivo?			
7. ¿Con la introducción del HyFlex se incremento el nivel de comprensión conceptual de los componentes académicos?			
8. ¿Con la introducción de la metodología HyFlex ha incrementado su participación?			
9. ¿Cree usted que la implementación del HyFlex ha propiciado mayor democratización para el estudio, entendiéndose que muchos alumnos vienen con saberes distintos?			
10. ¿El modo como el profesor utiliza la tecnología HyFlex es la usted espera?			

El total de encuestados fueron 256, de ellos 179 de sexo femenino y 77 de masculino. Siete no respondieron, por tanto la evaluación se realizó sobre 249 alumnos.

Los datos de la encuesta que de por si son contundentes fueron cruzados con entrevistas estructuradas, sobre los mismos temas. El mayor porcentaje está de acuerdo en señalar que HyFlex es un modelo muy interesante, beneficioso y personalizable, pues les abre un camino nuevo en el cual se sienten menos condicionados para aprender. Incluso, como manifestaron es un modelo que “a uno lo vuelve más investigativo” haciéndolo sentir que el tema no termina con la clase. La autonomía, la comprensión, el recuerdo de tareas, la formación complementaria y las destrezas podrían ser mejor aprovechadas, según la opinión de los entrevistados, siempre y cuando los profesores manejen mejor los recursos del sistema. La mayoría, sienten que los profesores le temen a las cámaras, micrófonos y demás aparatos electrónicos. Por tanto allí es donde se debe trabajar para tener mayor éxito.

Los profesores, por su parte, son quienes menos confianza demostraron por el sistema. Señalaron que al transmitir las clases por *streaming* ya no se puede controlar la asistencia, pues algunos van y otros no. También señalaron que ellos a veces se preocupan más del uso de los instrumentos que de la misma clase, lo cual empobrece la enseñanza. Ellos fueron los menos optimistas por HyFlex.

TABLE II. OPINIONES DE ESTUDIANTES SOBRE LA UTILIZACION DE LA TECNOLOGIA HYFLEX UTPH 2014

Opinión	Autonomía	Comprensión	Recuerdo / tareas	destrezas
Sí	82,7%	87,55%	93,6%	76,7%
No	17,3%	12,45%	6,4%	23,3%
	100%	100%	100%	100%

TABLE III. OPINIONES DE ESTUDIANTES SOBRE LA UTILIZACION DE LA TECNOLOGIA HYFLEX UTPL 2014

Opini3n	Manejo herramientas /docente	Complemen ta formaci3n	Aprovecha. / el tiempo
Si	46,6%	87,6%	100%
No	53,4%	12,4%	0%
	100%	100%	100%

VI. CONCLUSIONES

La implementaci3n de HyFlex en los cursos universitarios demanda de una planificaci3n curricular diferente. Involucra un giro de 360 grados en la concepci3n de que el profesor tena una enseanza desactualizada con respecto a la actual, ya que debe enfrentarse no s3lo a una tecnologa, sino a varias a las cuales debe utilizar con mayor productividad (*podcats, streaming, blogs, redes sociales, clases virtuales, foros en lnea o pizarra inteligente*), este siendo el principal resultado alarmante. Por tanto aqua vienen las interrogantes ¿necesitamos nuevos profesores?, ya que a los tradicionales se les hace muy complicado asimilar los nuevos escenarios digitales de enseanza ¿Las universidades est3n en capacidad de invertir en capacitaciones constantes con el profesorado que no se adapta? El HyFlex al ser un modelo abierto construido a partir de las habilidades y destrezas de profesores y alumnos no se restringe al uso de herramientas previamente definidas, sino que se abre a nuevas posibilidades tanto en *hardware* como en *software*. Por tanto requiere profesores que est3n atentos a los cambios tecnol3gicos que se producen de forma vertiginosa hoy en da.

Dejando de lado las deficiencias del profesorado, y mirando como una 3ptica empresarial, HyFlex representa, por otra parte, una alternativa muy interesante para reforzar los estudios a distancia, de manera especial para las entidades educativas que son bimodales, puesto que un profesor que lleve los contenidos en presencial, puede compartirlos con los estudiantes a distancia bien sean en directo o de forma asincr3nica. Por lo tanto se presenta como una alternativa de reforzamiento en cuanto a los contenidos compartidos.

La experiencia compartida con los estudiantes adem3s expresa la importancia de comprender el avance tecnol3gico al que se enfrentan constantemente las universidades y en general el sector acad3mico, residiendo como un est3ndar para reforzar las capacitaciones tecnol3gicas en las instituciones con el pleno inter3s de mejorar la productividad acad3mica en las diversas titulaciones.

Por otro lado, cabe recalcar que para Am3rica Latina el Modelo HyFlex se muestra como una herramienta tecnol3gica novedosa, una idealizaci3n muy contraria con respecto a los pa3ses desarrollados, que comparten un red de innovaciones tecnol3gicas constantes para incrementar la eficacia acad3mica.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad T3cnica Particular de Loja (UTPL) por la ayuda prestada en la realizaci3n de la investigaci3n y con contribuir al desarrollo de la educaci3n a distancia y por difundir los conocimientos sobre para la enseanza virtual. Asimismo, agradecemos a los revisores del manuscrito las aportaciones realizadas en la elaboraci3n del texto final.

REFERENCIAS BIBLIOGR3FICA

- [1] M.A. L3pez Carrasco. Aprendizaje, competencias y TIC. Ciudad de M3xico, Pearson, 2013.
- [2] J. Salinas. "Modelos flexibles como respuesta de las universidades a la sociedad de la informaci3n". Revista Acci3n Pedag3gica, 11, 1, pp. 4-13. 2002.
- [3] P. Burke. Hibridismo Cultural. Ediciones Akal, Madrid, 2010.
- [4] Z. Bauman. Modernidad lquida. Buenos Aires, Fondo de Cultura Econ3mica, 2004.
- [5] M. Serres. Pulgarcita. Madrid, Gedisa, 2014.
- [6] The New Media Consortium. NMCHorizon Report: 2014 Higher Education Edici3n. 2014. Disponible en <https://cdc.qc.ca/pdf/2014-Horizon-Report-creative-commons-copy.pdf>
- [7] D. Ju3rez Popoca, C.A. Torres Gastel3 y L.E. Herrera D3az. "El modelo HyFlex: Una propuesta de formaci3n h3brida y flexible". En Ismael Esquivel G3mez (Coord.). Los Modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI. Universidad Veracruzana-Regi3n Veracruz, Lulu.com, 2014. Pp. 121-136. Disponible en http://www.uv.mx/personal/iesquivel/files/2015/03/los_modelos_tecno_educativos_revolucionando_el_aprendizaje_del_siglo_xxi-4.pdf#page=127
- [8] L. Kyei-Blankson y F. Godwyll. An Examination of Learning Outcomes in Hyflex Learning Environments. En J. Sanchez & K. Zhang (Eds.), Proceedings of World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, pp. 532-535, 2010. Recuperado de <http://www.edutlib.org/p/35598/>
- [9] E. Area. ¿Qu3 es HyFlex? Modelos Flexibles de formaci3n. En Eduarrea's Blog, 2014, citado de: <https://eduarrea.wordpress.com/2014/03/04/que-es-hyflex-modelos-flexibles-de-formacion/>
- [10] B.J. Beatty, B.J. "Transitioning to an online world: Using HyFlex courses to bridge the gap". In C. Montgomerie & J. Seale (Eds.), Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2007 (pp. 2701-2706). Recuperado de <http://www.edutlib.org/p/25752/>, 2007.
- [11] J.I. Aguaded G3mez et al. Plataformas de teleformaci3n para la virtualizaci3n de asignaturas en las universidades andaluzas. Huelva, Universidad de Huelva, 2010.

FARMACIL

Uma aplicação para dispositivos móveis de apoio à gestão do regime medicamentoso

FARMACIL

An application for mobile devices supporting the management of the medication regime

Luís Mendes Gomes¹, Hélia Guerra¹, Carmen Andrade¹, Paulo Ferreira², Flávio Marques², António Carreiro²

¹Centro ALGORITMI & Universidade dos Açores, Portugal

²Universidade dos Açores, Portugal

{luis.mp.gomes, helia.mg.guerra, carmen.ms.candrade}@uac.pt

Resumo — Neste artigo apresentamos e discutimos um protótipo para uma aplicação para dispositivos móveis para gerir o regime medicamentoso de um utente. A partir de um levantamento de requisitos, junto de médicos, farmacêuticos e utentes do sistema nacional de saúde, desenhamos um protótipo da aplicação FARMACIL, para o qual obtivemos resultados bastantes promissores em testes de aceitação, junto de um universo de pessoas em várias faixas etárias.

Palavras Chave – sistemas de informação na saúde; aplicações movéis na saúde, gestão medicamentosa pessoal.

Abstract — In this article we present and discuss a prototype for a mobile application to manage the drug regime of a wearer. From a survey of requirements, along with doctors, pharmacists and users of the national health system, we designed a prototype of FARMACIL application, for which we have obtained very promising results in acceptance testing, from a universe of people in various age groups.

Keywords – health information systems; health mobile apps, personal medication management.

I. INTRODUÇÃO

Apesar da progressiva informatização de muitos aspetos da gestão da nossa saúde, em Portugal a prescrição informatizada de medicamentos não tem sofrido alterações significativas, na perspetiva do utente. A prescrição médica, em suporte papel, é aviada numa farmácia e, em seguida, a toma dos medicamentos é administrada, desejavelmente, segundo o planeamento inscrito na prescrição, havendo o risco do não cumprimento rigoroso do regime medicamentoso. Este processo sofreu uma alteração recente: a emissão da receita médica é realizada através da prescrição eletrónica de medicamentos, sendo registada no sistema de informação do Sistema Nacional de Saúde (SNS), sendo publicadas no portal Web do SNS [1]. E, assim, o utente tem acesso às suas prescrições médicas, bem como as farmácias, a partir da identificação do utente.

Apesar desta evolução, no sentido de tornar o processo mais eficiente e mais otimizado na gestão dos recursos, não existe qualquer aplicação informática para apoiar o utente na gestão do seu regime medicamentoso, desde a escolha da farmácia para aviar a prescrição médica à administração dos medicamentos prescritos. Muitas vezes, o utente depara-se com constrangimentos para adquirir os medicamentos, como por

exemplo, a farmácia que pretende ir não ter disponível alguns ou todos os medicamentos necessários, não estar aberta, ter o custo dos medicamentos superior aos praticados por outras farmácias próximas. A administração dos medicamentos também se faz muitas vezes de forma irregular no ciclo diário de ingestão e/ou na pontualidade das tomas, relaxando-se as posologias dos medicamentos, com consequências previsíveis para os tratamentos.

Tendo em conta o interesse e a atualidade desta necessidade, vamos apresentar e discutir um modelo de um protótipo de uma aplicação informática, para dispositivos móveis, os equipamentos mais pessoais que usamos hoje em dia. Esta aplicação vai permitir ao utente gerir as suas prescrições médicas, de forma mais autónoma e informada, garantindo a integridade e a privacidade da informação. Este modelo visa transformar a economia farmacêutica mais competitiva e os utentes mais informados na tomada de decisão de aquisição de medicamentos e na sua administração.

Este artigo prossegue com a descrição do processo atual do avio das prescrições médicas e o novo processo que emerge com a nossa proposta. Em seguida, especificamos os requisitos, de forma modular, para uma nova aplicação informática, para dispositivos móveis. Antes de seguirmos com a apresentação do protótipo da aplicação e a discussão de alternativas, apresentamos o modelo de dados subjacente, para enfatizar a dependência da aplicação em relação a entidades externas na área da saúde. E, finalizamos, com a avaliação do protótipo da aplicação, através dos resultados de testes de aceitação, e com as conclusões e propostas para trabalho futuro.

II. A PRESCRIÇÃO DE MEDICAMENTOS

Em Portugal, a prescrição, processada após um evento médico (e.g., uma consulta médica), no sistema de saúde público e privado, é registada no sistema de informação do SNS, sendo na maioria dos casos impressa em papel e entregue ao utente. Este registo beneficia somente o SNS porque permite, pelo menos, saber qual a comparticipação financeira que está associada a uma prescrição médica. A seguir, as mais das vezes, o utente escolhe uma farmácia, sem critério, exceto a sua proximidade, para aviar a prescrição médica, adquirindo os medicamentos sem racionalização dos custos.

Neste artigo, propomos um novo processo para apoiar os utentes na gestão de prescrições de medicamentos e na

respetiva administração, impulsionado pela conceção de uma aplicação, para dispositivos móveis, o qual descrevemos a seguir:

- As prescrições médicas são transferidas para o dispositivo móvel do utente, através de uma importação a partir do sistema de informação do SNS;
- O utente pode pesquisar pelas farmácias mais próximas que têm disponíveis os medicamentos prescritos; ou pesquisar pelas farmácias onde estão disponíveis alguns dos medicamentos na prescrição médica;
- O utente apresenta a prescrição médica na(s) farmácia(s) escolhida(s) e avia, toda ou parte, dos medicamentos na prescrição médica;
- Cada medicamento aviado corresponde a uma posologia definida na prescrição médica, essencialmente o número de medicamentos por toma, o número de tomas por dia e o número de dias;
- Baseada na informação da posologia, é calculado, automaticamente, o número de notificações de alerta de toma para cada medicamento, sugerindo as horas diárias mais adequadas ao ciclo biológico normal, sendo que estas podem, também, ser alteradas pelo utente;
- Para cada toma, o utente responde à notificação como realizou a toma, até o ciclo de notificações, para cada medicamento, estar terminado.

Este novo processo vai permitir uma gestão mais ágil e eficaz das prescrições médicas pessoais, e de pessoas ao seu cuidado (por delegação), e uma tomada de decisão na aquisição de medicamentos mais informada e mais centrada no utente e não tão centrada na rede de farmácias e no serviço prestado pelas farmácias. Este processo permite definir alarmes de administração de medicamentos; indicar a farmácia de serviço; personalizar a gestão de aquisição dos medicamentos e a sua administração; disponibilizar ajuda e suporte; delegar a gestão de prescrições médicas noutra pessoa. Apesar destas facilidades, a menor literacia informática da população mais idosa e a dificuldade do acesso a um dispositivo móvel, com acesso à internet, por uma camada financeiramente menos favorecida da população, podem constituir obstáculos à adoção imediata deste novo processo.

III. ESPECIFICAÇÃO DE REQUISITOS

O levantamento de requisitos decorreu, maioritariamente, pela realização de entrevistas informais a utentes, a médicos e a farmacêuticos. Estes últimos evidenciaram o consumismo irregular de medicamentos pelos utentes e as suas razões (principalmente económicas), a gestão de stocks e encomendas pelas farmácias e como se desenrola o processo de aquisição de medicamentos através de prescrições eletrónicas. Enquanto que as entrevistas com os médicos proporcionaram um entendimento pormenorizado do processo de prescrições médicas, bem como outros aspetos relacionados com a confidencialidade e integridade das prescrições médicas, a ética farmacêutica, a automedicação e a psicologia do utente na administração dos medicamentos. Os utentes reconheceram que o processo atual não estava centrado nas suas necessidades,

mas nos interesses do serviço prestado pela rede de farmácias e no SNS, como principal entidade patrocinadora da saúde.

Da análise destas entrevistas, pudemos também apurar outros requisitos tais como: a facilidade na gestão de prescrições médicas pessoais, e de pessoas ao seu cuidado (por delegação); a facilidade e informação na tomada de decisão na aquisição de medicação; na definição de alarmes para ajuda à sua toma de medicação; na facilidade de indicação da farmácia de serviço; na personalização da experiência; na disponibilização de ajuda e suporte.

Na descrição dos requisitos funcionais identificamos seis módulos, além do registo e autenticação, nomeadamente: Receitas, Alertas de Medicação, Pesquisas, Farmácias de Serviço, Personalização da experiência; Ajuda e Suporte; que passamos a descrever:

- Receitas (Módulo 1) – permite verificar as prescrições médicas a um determinado utente e a informação essencial relativa a uma prescrição médica tais como número, médico e data.
- Alertas de Medicação (Módulo 2) – permite gerir vários tipos de alertas, avisos ou notificações.
- Pesquisas (Módulo 3) – permite realizar diversas pesquisas: pesquisar por um medicamento, resultando numa lista de farmácias que o disponibilizam, bem como um conjunto de informações sobre o medicamento; pesquisar por uma farmácia; pesquisar por farmácias que possam aviar toda a prescrição médica, obter informação sobre um determinado medicamento, obter a lista de farmácias que disponibilizam um determinado medicamento e o seu custo.
- Farmácias de Serviço (Módulo 4) – permite obter as farmácias de serviço numa determinada zona geográfica.
- Personalização da experiência (Módulo 5) – permite alocar contas, permissões de localização, parametrizar notificações e gerir informação sobre o detentor da conta.
- Ajuda e suporte (Módulo 6) – permite ao detentor da conta obter ajuda sobre o funcionamento da plataforma, bem como a informação sobre o projeto.

Complementarmente, à necessidade e ao levantamento e análise de requisitos, fizemos uma prospeção no mercado de aplicações móveis, com enfoque naqueles promovidos pela *Google* e pela *Apple*. E identificamos somente os seguintes produtos congéneres, que estão vocacionados para o mercado indiano:

- PharmEasy [2] – Vendas online da própria empresa e não pela rede de farmácias; marcação de testes de diagnóstico nas zonas de Mumbai e Delhi; identificação da prescrição médica por foto (digitalizada do suporte em papel); entrega de medicamentos ao domicílio em Mumbai, Delhi, Calcutá e Pune; marcação de alertas de administração de medicação.

- Img - Health App for India [3] – Marcação de consultas para algumas especialidades em Delhi/NCR, Mumbai, Bengaluru e Chennai; compra de medicamentos em várias farmácias da sua cadeia, se for por prescrição médica, tem de ser por *upload* de imagem; mostra substitutos de medicamentos (genéricos); marcação de testes.
- MedPlus Drug directory & Store [4] – Compra de medicamentos pela sua cadeia de farmácias; entrega de medicamentos ao domicílio; procura as farmácias da cadeia que têm o medicamento pretendido.

IV. MODELO DE DADOS

O protótipo da aplicação informática para dispositivos móveis, que vamos designar por FARMACIL, funciona sobre um modelo de dados que apresentamos na Figura 1.

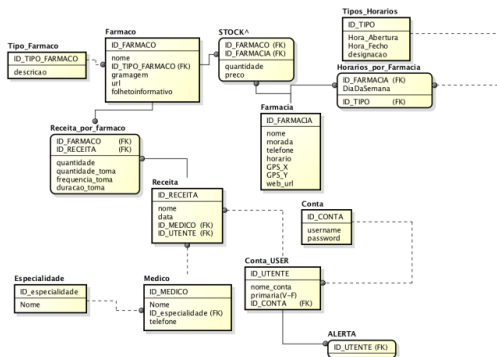


Figure 1. Diagrama entidade-relacionamento do modelo de dados para a aplicação FARMACIL.

Salientamos que o modelo depende da importação dos dados de entidades externas para preencher, pelo menos, as tabelas Receita, Médico, Farmácia (stocks de medicamentos e horários de funcionamento) e Fármaco. Estas entidades são, entre outras, o SNS [1], a Associação Nacional de Farmácias [5], o INFARMED [6] e a rede de farmácias próximas, que teriam de fornecer informação atualizada sobre a disponibilidade em stock dos medicamentos e a sua escala de serviço na rede das farmácias de serviço.

V. DESCRIÇÃO E AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

Para cada módulo descrito na especificação dos requisitos, apresentamos e discutimos os resultados obtidos pelo inquérito dos testes de aceitação relativamente à facilidade de utilização e à eficiência da interface na visualização e assimilação da informação. Este inquérito foi proposto a um universo de 32 indivíduos do sexo masculino (59%) e feminino (41%), cobrindo várias faixas etárias, nomeadamente menores do que 18 anos (15,6%), entre 18 e 30 anos (62,5%), entre 31 e 45 anos (3,1%), entre 46 e 60 anos (9,4%) e mais do que 60 anos (9,4%). Quando se perguntou a opinião sobre a facilidade de manusear e entender a aplicação, 62,5% respondeu “muito fácil” e os restantes 37,5% responderam “fácil”, apesar de haver as opções de resposta “Mais ou menos fácil”, “Pouco

fácil” e “Nada fácil”. Quando se perguntou a opinião sobre o *design* da aplicação, 53,1% respondeu que era “muito apelativo”, 46,9% respondeu que era “apelativo” e as restantes opções possíveis, nomeadamente “pouco apelativo” e “nada apelativo”, não obtiveram qualquer resposta. E, finalmente, quando se perguntou se a aplicação era intuitiva, 53,1% respondeu “muito intuitiva”, 43,8% respondeu “intuitiva”, 3,1% respondeu “mais ou menos intuitiva” e as restantes opções possíveis, nomeadamente “pouco intuitiva” e “nada intuitiva”, não obtiveram qualquer resposta. A Tabela I ilustra as respostas dos inquiridos para os vários módulos no que diz respeito à facilidade de utilização.

TABLE I. FACILIDADE DE UTILIZAÇÃO

	Respostas		
	<i>muito fácil</i>	<i>fácil</i>	<i>mais ou menos fácil</i>
Módulo 1	46,9%	53,1%	0%
Módulo 2	62,5%	34,4%	3,1%
Módulo 3	71,9%	25%	3,1%
Módulo 4	68,8%	31,3%	0%
Módulo 5	68,8%	31,2%	0%
Módulo 6	59,4%	37,5%	31,1%

Relativamente às respostas sobre a eficiência da interface na visualização e assimilação da informação que se apresenta na Tabela II, podemos observar que se situaram apenas entre “muito eficiente” e “mais ou menos eficiente”.

TABLE II. EFICIÊNCIA DA INTERFACE NA VISUALIZAÇÃO E ASSIMILAÇÃO DA INFORMAÇÃO

	Respostas		
	<i>muito eficiente</i>	<i>eficiente</i>	<i>mais ou menos eficiente</i>
Módulo 1	62,5%	37,5%	0%
Módulo 2	50%	50%	0%
Módulo 3	40,6%	46,9%	12,5%
Módulo 4	50%	46,9%	3,1%
Módulo 5	50%	46,9%	3,1%
Módulo 6	46,9%	43,8%	9,4%

Atendendo aos resultados obtidos por estes testes de aceitação, podemos considerar que este protótipo da FARMACIL não só é de fácil utilização como, também, disponibiliza uma interface gráfica eficiente na visualização e no entendimento da informação. O facto de toda a conceção desta aplicação estar centrada no objetivo de prestar um melhor e mais eficiente serviço ao utente, pode ter gerado um maior entusiasmo que se traduziu nestes resultados de aceitação muito promissores.

VI. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Como primeiro protótipo da aplicação foi desenvolvido um protótipo executável da interface com o utilizador para determinar as funcionalidades pretendidas, a melhor

organização e aspeto da interface. O desenvolvimento do protótipo foi faseado, adotando a metodologia *UX Prototyping* [7]. Teve como atividades principais a análise junto de potenciais utilizadores, a implementação do protótipo recorrendo à plataforma Marvel [8] a partir de um conjunto de cerca 80 *mockups* produzidos em Adobe Photoshop e a respetiva avaliação a partir da observação da experiência dos utilizadores e de inquéritos de satisfação.



Figure 2. Imagens da aplicação FARMACIL correspondentes nos módulos Personalização da Experiência, Farmácia de Serviço e Receitas.

Para análise deste protótipo, como produto inovador com o objetivo de comercialização, identificamos, numa primeira análise SWOT, os seguintes aspetos:

- Forças: interface gráfica *Easy-To-Use*; informação rigorosa e credível; plataforma dinâmica e escalável; facilidade de pedir ajuda; personalização.
- Fraquezas: necessita de ligação à internet para manter a integridade dos dados; excessiva dependência de entidades externas
- Oportunidades: uma parte significativa da população tem *smartphones*; aparecimento de muitos *hotspots* gratuitos em locais públicos; grande adoção de pacotes de dados móveis; mercado da distribuição e comercialização de medicamentos está em expansão.
- Ameaças: dificuldade de levantar a enorme resistência do sistema de saúde em disponibilizar aos utentes a informação que os próprios produzem.

Também, identificamos alguns fatores críticos de sucesso, considerando uma iniciativa empresarial baseada na aplicação FARMACIL: abertura das farmácias para disponibilizar informação sobre *stocks* e preços; disponibilização de uma plataforma íntegra com grande confiabilidade; conceção e promoção de uma imagem corporativa responsável e confiável.

Como vantagens competitivas consideramos ter: a inexistência de opositores diretos; a unicidade da solução FARMACIL para proporcionar as funcionalidades já descritas; parcerias regionais, nacionais e internacionais.

VII. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste artigo apresentamos um primeiro protótipo de uma aplicação para dispositivos móveis que permite aos utentes gerir o seu regime medicamentoso. Esta aplicação, com níveis de aceitação bastante elevados por um universo de pessoas em várias faixas etárias e uma análise detalhada do mercado prospetivo, permite inovar e otimizar a gestão de prescrições médicas pelos utentes, com previsão de ganhos financeiros e de tempos significativos.

No futuro próximo desejamos procurar fontes de financiamento para uma iniciativa empresarial num contexto *start-up*, de forma a proporcionar as condições necessárias para o desenvolvimento e a evolução do protótipo FARMACIL, adicionando mais funcionalidades “inteligentes”. Este desenvolvimento será acompanhado com iniciativas mais evoluídas de UX, tendo por base um universo mais alargado e diversificado de pessoas, e uma perspetiva de comercialização numa estrutura empresarial.

AGRADECIMENTOS

Queremos agradecer a disponibilidade das pessoas que responderam ao inquérito dos testes de aceitação para a avaliação do produto FARMACIL. Este trabalho é financiado pelo Programa COMPETE: POCI-01-0145-FEDER-007043 e pela FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia, no âmbito do projeto: UID/CEC/00319/2013.

REFERÊNCIAS

- [1] <http://spms.min-saude.pt/2013/11/pds-plataforma-de-dados-da-saude/>, último acesso em 21 de fevereiro de 2016.
- [2] <http://www.pharmeasy.in/>, último acesso em 18 de fevereiro de 2016.
- [3] <https://www.lmg.com/>, último acesso em 18 de fevereiro de 2016.
- [4] <http://www.medplusindia.com/>, último acesso em 18 de fevereiro de 2016.
- [5] <http://www.anf.pt/>, último acesso em 18 de fevereiro de 2016.
- [6] <http://www.infarmed.pt/>, último acesso em 18 de fevereiro de 2016.
- [7] Allen, J. & Chudley, Smashing UX Design: Foundations for Designing Online User Experiences. West Sussex, UK: Wiley, 2012.
- [8] <https://marvelapp.com/>, último acesso em 18 de fevereiro de 2016.

Algoritmo Gota de Agua Inteligente (IWD) para resolver problema de Programación de Proyectos de Software

Intelligent Water Drop Algorithm (IWD) to solve Software Project Scheduling Problem

Broderick Crawford

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile
Universidad San Sebastián, Chile
Universidad Central de Chile, Chile
broderick.crawford@pucv.cl

Gino Astorga

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile
Universidad de Valparaíso, Chile
gino.astorga@uv.cl

Ricardo Soto

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile
Universidad Autónoma de Chile, Chile
Universidad Científica del Sur, Perú.
ricardo.soto@pucv.cl

Eduardo Olguin

Universidad San Sebastián, Chile
eduardo.olguin@uss.cl

Resumo — La planificación de proyectos de software es uno de los principales problemas a que se ven enfrentados los administradores de proyectos como es la asignación de recursos humanos a las actividades que se deben realizar para llevar a cabo un proyecto. El propósito de este trabajo es entregar un enfoque automatizado para ayudar en esta difícil labor considerando minimizar el costo y duración total del proyecto. Para lograr esto proponemos utilizar el reciente algoritmo llamado Gota de Agua Inteligente que tiene como una de sus principales características la inclusión de una fase constructiva.

Palabras Clave - *metaheurística; planificación de proyecto.*

Abstract — The Software project planning is one of the main problems that project managers are confronted as is the allocation of human resources to the activities to be performed to carry out a project. The purpose of this paper is to give an automated approach to help in this difficult task to minimize cost and total duration of the project. To achieve this, we propose to use the recent algorithm called Intelligent Water Drop, which one of its main characteristics is the inclusion of a construction phase.

Keywords - *metaheuristic; scheduling project.*

I. INTRODUCCIÓN

Como en la mayoría de las áreas productivas del mundo globalizado se hace necesario optimizar ciertos procesos que llevados por humanos tienen un alto costo en tiempo, un resultado no siempre bueno y finalmente con un costo monetario alto. Esto es exactamente lo que sucede con la planificación de proyectos de software, en inglés Software Project Scheduling Problem (SPSP) que es un problema del tipo NP-Hard [1] siendo un caso especial de la familia de Problemas de Programación de Proyectos, en inglés Project

Scheduling Problem (PSP). Típicamente, se trata de optimizar el costo y la duración del proyecto de software. Existen algunos trabajos previos de [1], [2], [3] y [4] los cuales han servido de guía para el presente estudio.

El presente trabajo se divide en las siguientes secciones: en el punto II se hace una descripción del problema SPSP, en el punto III se hace una revisión del algoritmo Gota de Agua Inteligente describiendo su inspiración en la naturaleza y posteriormente su representación matemática. En el punto IV se muestran algunos experimentos iniciales realizados acompañado de sus resultados para finalmente en el punto V presentar las conclusiones.

II. PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS DE SOFTWARE

El problema de Programación de Proyectos de Software es uno de los más habituales en ingeniería de software el cual se diferencia de los comunes problemas de programación de proyectos, Project Scheduling Problem en inglés (PSP), en que en este caso hay que considerar como principal recurso a los empleados mientras que en los PSP hay diversos recursos.

Por otra parte cada tarea requiere de habilidades específicas que deben ser cubiertas por trabajadores que tengan dichas habilidades requeridas [5]. El objetivo está centrado en asignar trabajadores a las tareas al menor costo y menor tiempo de desarrollo de la totalidad de proyecto. Además se debe considerar que un empleado puede realizar más de una tarea al mismo tiempo [6].

El SPSP indudablemente se dificulta cada vez más a medida que el proyecto sea más grande y largo ya que la posibilidad de asignación de empleados a las tareas es enorme lo que convierte esta actividad en algo difícil de resolver para el administrador del proyecto de forma manual.

Las principales ventajas de automatizar esta actividad pueden ser:

- Ayudan a encontrar programaciones que cumplan con todas las restricciones.
- Ayudan a alcanzar en forma razonable objetivos como costo y duración de proyecto tarea difícil de hacer en forma manual.
- Mejora el tiempo de asignar los empleados a las tareas.

Los recursos disponibles para SPSP son:

- Un conjunto de empleados que son el principal insumo para el proyecto. Estos se denotan como $EMP = \{e_1, \dots, e_{|E|}\}$. Donde $|E|$ es el número de empleados trabajando en el proyecto. Se definen las habilidades de un empleado i como: $e_i^{habilitada} \subseteq H$, es decir las habilidades de un empleado son un subconjunto de las habilidades del proyecto. Las habilidades están representadas como $H = \{h_1, \dots, h_{|H|}\}$. Donde $|H|$ es el número de habilidades.
- Las tareas, denotadas como $T = \{t_1, \dots, t_{|T|}\}$. Donde $|T|$ es la cantidad total de tareas del proyecto. Por otra parte, cada tarea requiere de habilidades específicas y de un esfuerzo denotado como $t_j^{habilidades}$ y $t_j^{esfuerzo}$ respectivamente.
- Precedencia de las tareas representado por el gráfico de precedencia de tareas.

Para la solución del SPSP se puede utilizar una matriz $M = m_{ij}$ con dimensiones *Empleados x Tareas* la cual representa una solución donde m_{ij} es la dedicación del empleado e_i para la tarea t_j y m_{ij} . Si $m_{ij} = 0$ representa que el empleado e_i no está asignado a dicha tarea (t_j). La dedicación se puede definir como la fracción de tiempo que dedica un empleado e_i a una tarea t_j en particular. La tabla I muestra un ejemplo de matriz $M = m_{ij}$ con su grado de dedicación [3].

TABLE I. EJEMPLO DE SOLUCIÓN MATRIZ

M_{ij}	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	t_6
e_1	1.00	0.50	0.00	1.00	0.25	0.50
e_2	0.25	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00
e_3	0.75	0.00	0.50	0.25	0.75	0.50
e_4	0.00	0.75	0.00	0.75	0.00	0.50

Una vez obtenida una solución se debe calcular la duración de cada tarea para lo cual se contabiliza el tiempo de inicio y termino según el TPG con lo que podemos contar con el tiempo del proyecto. Posteriormente se debe obtener el costo del proyecto para lo cual se utiliza el salario y la dedicación de los empleados.

Ahora debemos evaluar la calidad de la solución utilizando la siguiente función objetivo:

$$f(x) = w^{costo} * CostoProy + w^{duracion} DuracionProy \quad (1)$$

Donde w^{costo} y $w^{duracion}$ corresponden a parámetros que son utilizados para ajustar la importancia relativa del costo y tiempo de completitud del proyecto.

Para la duración se utiliza la siguiente ecuación:

$$t_j^{duracion} = \frac{t_j^{esfuerzo}}{\sum_{i=1}^{|E|} m_{ij}} \quad (2)$$

Utilizando el tiempo de duración y el TPG podemos saber el tiempo de inicio y termino de cada tarea con lo cual podríamos saber el tiempo total del proyecto. El tiempo de la última tarea en la Carta Gantt es el tiempo total del proyecto, representado como sigue:

$$p_{duracion} = MAX t_j^{final} \forall k \neq j, (t_j, t_k) \notin E \quad (3)$$

Para el costo se debe considerar por cada empleado el salario, la dedicación y la duración de las tareas. Lo que se refleja en la siguiente ecuación:

$$P_{costo} = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^E e_i^{salario} * m_{ij} * t_j^{duracion} \quad (4)$$

La calidad de la solución se chequea revisando el adecuado cumplimiento de las restricciones:

- Respetar el grado máximo de dedicación para evitar sobretiempo.
- El equipo asignado a una tarea específica tiene todas las habilidades requeridas por esa tarea.
- Se debe respetar la precedencia de las tareas dadas.

III. GOTA DE AGUA INTELIGENTE

A. Comportamiento en la Naturaleza

Al observar el comportamiento de las gotas de agua en un río nos podemos dar cuenta de los cambios que ocurren en su medio ambiente en la medida que avanza desde un punto a otro superando una serie de obstáculos en su paso [7].

En síntesis, cuando una gota de agua se mueve desde un punto a otro ocurren un conjunto de cambios como los siguientes:

- El suelo que se incorpora en la gota se incrementa. Se asume que cada gota que fluye por un río puede llevar consigo una porción del suelo por donde pasa de acuerdo al tamaño de la gota. Esta propiedad es un elemento importante en las Gotas de Agua Inteligente. Esto se muestra en la figura 1.
- La velocidad de la gota se incrementa. A mayor velocidad de la gota aumenta la cantidad de suelo recogido. En consecuencia dadas dos gotas similares pero con distinta velocidad, la cantidad de suelo recogido será mayor en la gota que posee mayor velocidad. Esto se muestra en la figura 2.
- La cantidad de suelo existente en su camino se decreta. Es decir el comportamiento es contrario al suelo recogido por la gota. Esto se muestra en la figura 3.

Además existe cierta incertidumbre de cómo la gota es capaz de escoger su camino, dado que ella siempre escoge el camino que tiene menos suelo dado que es más fácil desplazarse por él.

Incorporación de suelo en la gota



Figure 1. Incorporación de suelo a la gota.

Aumento de la Velocidad



Gota similares con distinta velocidad

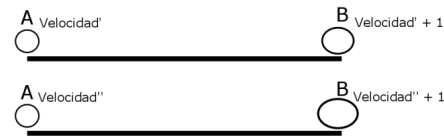


Figure 2. Comportamiento de lagotaen relación a su velocidad.

Suelo del camino disminuye



Figure 3. Disminución de suelo por donde pasa la gota

B. Comportamiento Matemático

Cada gota tiene una velocidad inicial y un determinado suelo al transitar desde un punto a otro. Se asume que el espacio por donde se mueven las gotas desde un nodo a otro es discreto. La gota debe decidir, a qué nodo debe saltar para esto considera el suelo que está en el arco entre el nodo origen y destino i and j . La probabilidad para seleccionar el nodo j está dada por:

$$P_i^k(j) = \frac{f(soil(i,j))}{\sum_{v \in A^k_{visitados}} f(soil(i,l))} \quad (5)$$

Siendo $f(soil(i,l))$ calculado de la siguiente forma:

$$f(soil(i,l)) = \frac{1}{\epsilon + g(soil(i,j))} \quad (6)$$

Donde ϵ es un valor ínfimo positivo que permite evitar la división por 0. Por otra parte la función $g(soil(i,j))$ es usada para seleccionar un valor $soil(i,l)$ que enlaza el nodo i con el nodo j por un valor positivo que es calculado de la siguiente forma:

$$g(soil(i,j)) = \begin{cases} soil(i,j) & \text{Si } \min_{visitados}^k(soil(i,l)) \geq 0 \\ soil(i,j) - \min_{visitados}^k(soil(i,l)) & \text{sino} \end{cases} \quad (7)$$

La función $\min_{visitados}^k$ retorna el mínimo valor de este argumento, $soil(i,l)$ corresponde a cada posible nodo a visitar donde E indica que deberá consultar por el mínimo monto de suelo que no esté dentro del vector de nodos ya visitados por la gota.

Una vez que la gota decide a cual nodo saltar, su velocidad se ve incrementada siendo calculada de la siguiente forma:

$$\Delta soil(i,j) = vel^k(t) \frac{A_v}{B_v + C_v * time(i,j:vel^k(t+1))} \quad (8)$$

Donde A_v , B_v y C_v son valores positivos y $soil(i,j)$ representa el suelo del arco que conecta el nodo destino seleccionado con respecto al nodo origen.

El monto de suelo recogido por la gota se obtiene de la siguiente manera:

$$soil^k = soil^k + \Delta soil(i,j) \quad (9)$$

$$soil(i,j) = (1 - p_0) * soil(i,j) - p_n * \Delta soil(i,j) \quad (10)$$

El valor de $\Delta soil(i,j)$ es calculado como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\Delta soil(i,j) = vel^k(t) \frac{A_s}{B_s + C_s * time(i,j:vel^k(t+1))} \quad (11)$$

Donde los parámetros A_s , B_s , C_s corresponden a valores positivos y $time(i,j:vel^k(t+1))$ representa el tiempo que toma la gota k de ir desde el nodo origen al destino, esto se calcula de la siguiente manera:

$$time(i,j:Vel^k(t+1)) = \frac{HUD(i,j)}{Vel^k(t+1)} \quad (12)$$

Donde se utiliza una función heurística $HUD(i,j)$, que señala el grado de indeseabilidad de una gota de moverse desde un nodo i a un nodo j .

El suelo removido y en consecuencia el nuevo valor del suelo del arco entre el nodo i y el nodo j , se denota como $soil(i,j)$. Este es calculado como:

$$soil(i,j) = p_0 * soil(i,j) - p_n * \Delta soil(i,j) \quad (13)$$

Donde p_0 y p_n son valores positivos que se debe seleccionar en un dominio entre 0 y 1.

Debemos considerar el monto del suelo de la mejor gota del iteración que es calculado de la siguiente manera:

$$soil(i,j) = p_s * soil(i,j) + p_k * k(N_c) * soil_l B^k \forall (i,j) \in T^{IB}$$

Los parámetros p_s y p_k son valores constantes positivo y negativo en un dominio $[-1,0]$, el parámetro $soil_l B^{IW D}$

representa el suelo acumulado por la gota k con la solución de mejor calidad de la iteración IB , el parámetro $k(N_c)$ es un valor positivo que indica el número de nodos.

$$T^{IB} = \begin{cases} T^{IB} & \text{si } q(T^{TB}) > q(T^{IB}) \\ T^{TB}(\text{soil}(i,l)) & \text{en otro caso} \end{cases} \quad (15)$$

Nosotros debemos llamar la mejor solución de todas las iteraciones durante la ejecución.

IV. EXPERIMENTOS

Las instancias que se ocuparon en este trabajo son las utilizadas por [1] y [4] las que constituyen un importante elemento al momento de comparar resultados.

Las instancias son: 5e-10t-10s que está compuesta por 5 empleados, 10 tareas y 10 habilidades y 10e-10t-10s compuesta por 10 empleados, 10 tareas y 10 habilidades.

Cada instancia tiene los siguientes componentes: empleados, tareas, habilidades y gráfico de precedencia de tareas.

La información que se obtiene al leer una instancia es: número de tareas, esfuerzo de las tareas (costo), habilidades requeridas para cada tarea, número de empleados, salario de los empleados, habilidades que poseen los empleados, gráfico de precedencia, número de habilidades.

La heurística utilizada corresponde al uso del salario del empleado considerando que aquellos que tienen un alto salario es menos probable que sean utilizados en las labores.

Para los experimentos se utilizaron 50 gotas con 100 iteraciones, un valor de ϵ de 0.001 para evitar división por 0 además de los siguientes valores estáticos: $a_v = 1$, $b_v = 0.01$, $c_v = 1$, $a_s = 1$, $b_s = 0.01$, $c_s = 1$, $p_n = 0.9$ y $p_0 = 0.9$.

El siguiente es el Algoritmo de Gota de Agua Inteligente [9] utilizado:

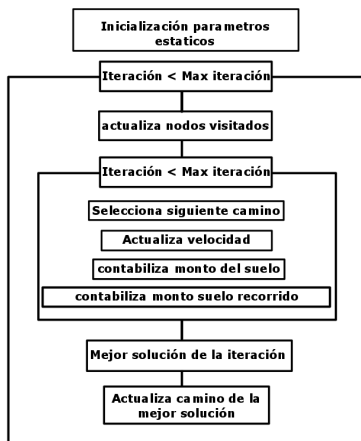


Figure 4. Algoritmo utilizado

El Se obtuvieron los siguientes resultados comparados con otras técnicas de trabajos anteriores:

TABLE II. COMPARACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS

Instancia	Técnica	Fitness
5e-10t-10s	ACO-HC	2.8752
5e-10t-10s	ACS	3.4049
5e-10t-10s	IWD	3.3256
10e-10t-10s	ACO-HC	2.6129
10e-10t-10s	ACS	2.6440
10e-10t-10s	IWD	2.7739

V. CONCLUSIONES

El enfoque propuesto por este trabajo utilizando Gotas de Agua Inteligentes para resolver el problema de programación de proyectos de software (SPSP) si bien no logró resultados excelentes sí fueron alentadores para continuar estudiando nuevas técnicas que se puedan aplicar para mejorar los resultados las pruebas realizadas hasta este momento indican que IWD se puede constituir en una alternativa resolución del problema planteado y de otros en que se requiera utilizar búsquedas incompletas. Como trabajo futuro se debe profundizar en el ajuste de parámetros de tal forma que mejore la respuesta al problema. Además se pueden incorporar nuevas heurísticas que permitan guiar de mejor forma el algoritmo.

AGRADECIMIENTOS

El autor Broderick Crawford es apoyado por CONICYT/FONDECYT/REGULAR/1140897, Ricardo Soto es apoyado por CONICYT/ FONDECYT/ INICIACION/ 11130459.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] J. Xiao, X.-T. Ao, and Y. Tang, "Solving software project scheduling problems with ant colony optimization," *Computers and Operations Research*, vol. 40, no. 1, pp. 33 – 46, 2013.
- [2] C. K. Chang, H. yi Jiang, Y. Di, D. Zhu, and Y. Ge, "Time-line based model for software project scheduling with genetic algorithms," *Information and Software Technology*, vol. 50, no. 11, pp. 1142 – 1154, 2008.
- [3] E. Alba and J. F. Chicano, "Software project management with fGAsg," *Information Sciences*, vol. 177, no. 11, pp. 2380 – 2401, 2007.
- [4] B. Crawford, R. Soto, F. Johnson, E. Monfroy, and F. Paredes, "A max-min ant system algorithm to solve the software project scheduling problem," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 15, pp. 6634 – 6645, 2014.
- [5] Barreto, M. de O. Barros, and C. M. Werner, "Staffing a software project: A constraint satisfaction and optimization-based approach," *Computers Operations Research*, vol. 35, no. 10, pp. 3073 – 3089, 2008, part Special Issue: Search-based Software Engineering.
- [6] F. Luna, D. L. González-Alvarez, F. Chicano, and M. A. Vega-Rodríguez, "The software project scheduling problem: A scalability analysis of multiobjective metaheuristics," *Applied Soft Computing*, vol. 15, no. 0, pp. 136 – 148, 2014.
- [7] H. Shah-Hosseini, "An approach to continuous optimization by the intelligent water drops algorithm," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 32, no. 0, pp. 224 – 229, 2012, the 4th International Conference of Cognitive Science.
- [8] B. O. Alijla, L.-P. Wong, C. P. Lim, A. T. Khader, and M. A. Al-Betar, "A modified intelligent water drops algorithm and its application to optimization problems," *Expert Systems with Applications*, vol. 41, no. 15, pp. 6555 – 6569, 2014.
- [9] S. Niu, S. Ong, and A. Nee, "An improved intelligent water drops algorithm for solving multi-objective job shop scheduling," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 26, no. 10, pp. 2431 – 2442, 2013.

Propaganda Bélica: Análise de propagação sistemática.

War advertising: Analysis of systematic propagation.

Eduardo Marinho Mascarenhas, Lucas Emanuel Souza Silva, Jackson Dannylo Santos de Araújo, Samuel Henrique Guimarães da Silva Andrade, José Almir Freire de Moura Júnior

IFPE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
Belo Jardim, Brasil

{eduardommarinho, lucasem911, jacksonaraujo697, zamuelhgasa}@gmail.com
almir.moura@belojardim.ifpe.edu.br

Resumo — Este artigo tem como objetivo analisar as propagandas e diversos métodos de disseminação de ideologias, pelos quais, muitas pessoas tornam-se adeptos de determinados grupos de guerrilheiros, enfatizando os meios tecnológicos.

Palavras chave – *propaganda, guerra, informações, ideologia, grupos bélicos.*

Abstract —

This article have as objective to analyse the advertising and the diverse methods of dissemination of ideology, whereby, many people become supporters of determinate groups of guerrillas, emphasizing the technological means.

Keywords– *advertising, war, informations, ideology, war groups.*

1. Introdução

A propaganda é um instrumento vastamente utilizado para disseminação de ideologias, assim como, para motivar e/ou convencer determinados grupos de pessoas a serem adeptos a pensamentos que antes, eram divergentes. Na guerra, não é diferente. Além disso, segundo [4] é comprovado que o século XX foi fértil em experiências sobre o poder da propaganda em contexto de guerra. Desde a Primeira Guerra Mundial à Guerra Civil da Espanha, à Segunda Guerra Mundial, à Guerra do Ultramar (o caso de Portugal), à Guerra Fria, à Guerra na Bósnia e à Guerra no Golfo, foram muitas as ocasiões em que a propaganda se afirmou como uma das armas de combate.

O presente artigo evidencia que em cada período da sociedade houve um método

inovador de disseminar ideias. “Diferente da Primeira Guerra Mundial, que foi o culminar de eventos profundamente enraizados no século XIX, a Segunda Guerra Mundial refletiu as tendências tecnológicas, políticas e culturais da época em que ocorreu. Um dos exemplos mais reveladores desse fato foi a propaganda. Os publicitários que os governos convocaram para vender a guerra, empregaram cada técnica, cada recurso, para convencer as pessoas, muitas vezes céticas, de que a carnificina e a destruição que assolavam o mundo, estavam sob controle e eram absolutamente necessárias. Naquele tempo, o cartaz de propaganda ainda era a ferramenta mais efetiva dos governos para informar, seduzir e convencer o povo. Agora, elas são poderosas recordações da última vez que o mundo inteiro tentou se destruir” [5].

Entretanto “A Primeira Guerra Mundial constituiu o contexto em que pela primeira vez os estados perceberam a importância da propaganda como instrumento de guerra. Tornou-se evidente o papel, a importância e o potencial da comunicação gráfica. A propaganda passou a ser encarada como uma ferramenta essencial, capaz de fazer de elo entre a frente de combate e a frente interna, instrumento de galvanização e de predisposição das populações para aceitar a ‘inexorabilidade’ da Guerra e os sacrifícios que daí decorriam” [4]. Assim como “As guerras mundiais obrigaram a pôr ao serviço da propaganda e dos objetivos de guerra os avanços que se tinham sido produzido no campo publicitário [1].

Já que “Na Guerra fria a propaganda teve extrema importância. Mensagens persuasivas eram feitas de forma muito elaborada. Seu

objetivo era persuadir a opinião pública. Nessa guerra ao invés de bombas, eram disparados cartazes e mensagens.” [2]. Com tudo isso “A propaganda é cada vez mais sofisticada e utiliza cada vez mais o recurso à publicidade [3].

Neste cenário, o artigo objetiva o estudo de como, e quais as consequências podem ser acarretadas pelas propagandas em guerras, bem como mostrar que em cada período da sociedade houve um método inovador de disseminar ideias e mostrar que a propaganda tem um alto recurso cada vez mais sofisticado à publicidade.

II. MOTIVAÇÃO

A principal motivação é identificar até que ponto o uso de propaganda bélica pode persuadir as pessoas, e que consequências isto pode trazer.

III. QUESTÃO DA PESQUISA

Qual a influência da propaganda bélica sobre seu público-alvo?

IV. OBJETIVOS

A. Geral

Analisar influências de propagandas bélicas em seu público-alvo.

B. Específicos

Fazer uma pesquisa bibliográfica; aplicar um questionário; e analisar seus resultados.

V. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo central deste artigo foi aplicado um questionário a um conjunto de 100 participantes, em fevereiro de 2016.

As perguntas que estavam presentes no questionário abordaram temas tais quais “O poder das propagandas a influenciar na adesão de membros a grupos extremistas” e “O relacionamento entre uma possível terceira guerra mundial e a propaganda bélica”.

Os resultados serão apresentados na seção seguinte:

A. Resultados

A primeira questão, necessariamente de teor caracterizador, analisa o grau de seriedade e embasamento em relação às respostas dadas ao longo do questionário, conforme a Tabela 1 abaixo:

TABLE I. Você é aluno ou professor?

Você é professor ou aluno?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Aluno	82	82%
Outro	14	14%
Professor	4	4%

Pode-se constatar que das três opções propostas a maioria dos entrevistados são alunos, já que a pesquisa foi realizada em um Instituto Federal, onde encontram-se alunos do primeiro, segundo e terceiro ano, e também proposta para alguns usuários na internet, que

representam 14% dos entrevistados, para que tenhamos uma análise desvinculada do meio acadêmico. Outro ponto relevante em relação a estas respostas é que 4 indivíduos dos 100, 4% dos entrevistados, são professores e isto comprova ainda mais a veracidade dos fatos apontados nesta pesquisa.

O passo seguinte foi saber, segundo cada entrevistado, se ele acredita que há possibilidade de eclodir uma terceira guerra mundial, já que muitos conflitos armados recentes nos levam a cogitar essa possibilidade, visando o seguinte resultado, que está apresentado na Tabela 2:

TABLE II. Você acredita em uma possível terceira guerra mundial?

Você acredita em uma possível terceira guerra mundial?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim	79	79%
Não	21	21%

Como exibido, a maioria dos entrevistados, 79%, acredita que sim, que existem grandes possibilidades desta guerra suceder-se, pois acreditam que eventos recentes, como a formação de grupos extremistas e a alta taxa de atentados terroristas, e alguns do passado, como a Guerra fria, podem eclodir esta guerra de tamanha magnitude. Já 21% acreditam que não haverá guerra e que atritos futuros serão resolvidos pacificamente e diplomaticamente.

O próximo passo foi buscar opiniões em relação ao conhecimento e visualização de vídeos ou imagens que fazem referência a qualquer interesse bélico de um grupo de pessoas e obtivemos o resultado abaixo (vide Tabela 3):

TABLE III. Você teve a possibilidade de conhecer algum vídeo/imagem que faz referência a adesão de pessoas a grupos de guerrilheiros?

Você teve a possibilidade de conhecer algum vídeo/imagem que faz referência a adesão de pessoas a grupos de guerrilheiros?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim	68	68%
Não	32	32%

De acordo com os dados recolhidos acima, 68% dos entrevistados já tiveram a oportunidade de conhecer como funciona tal propaganda, que em um texto de ajuda, foi relacionada com a publicidade feita pelas Forças Armadas Brasileiras em relação aos homens com 18 anos de idade. Em contrapartida, 32% não tiveram a esta oportunidade por nenhum meio de comunicação.

O quarto passo, foi descobrir, segundo a crença dos entrevistados, se a participação de

propagandas consegue influenciar pessoas a entrarem em grupos de valores morais extremistas e chegamos ao resultado apresentado na Tabela 4:

TABLE IV. VOCÊ ACREDITA QUE PESSOAS ADEREM A GRUPOS DE EXTREMISTAS POR PARTE DE PROPAGANDAS?

Você acredita que pessoas aderem a grupos de extremistas por parte de propagandas?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim, acredito.	62	62%
Não, não acredito.	38	38%

De acordo com a pesquisa, 62 dos 100 entrevistados acreditam que a propaganda tem o poder de convencer, ludibriar e alienar as pessoas que permitem que determinada mídia ou conteúdo influencie suas decisões ao ponto de aderirem a grupos suicidas e homicidas. Já 38% acredita que não há esta influência e que há meios mais eficientes para aderir a esses grupos como por exemplo por livre vontade do indivíduo que se adere a um grupo de extremistas.

Outro questionamento foi descobrir se as propagandas tiveram, em guerras passadas, poder de motivar a guerra e todo o seu processo bélico, e o resultado obtido, é o que se encontra na Tabela 5:

TABLE V. Você acredita que em guerras anteriores, como a segunda guerra mundial, a propaganda fez alguma diferença relevante?

Você acredita que em guerras anteriores, como a segunda guerra mundial, a propaganda fez alguma diferença relevante?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim	72	72%
Não	28	28%

De acordo com os dados recolhidos, podemos perceber que 72% dos entrevistados garantem que não só no presente como também no passado a propaganda foi vastamente utilizada para propagar ideais e feitos bélicos. Em texto de ajuda, foi citado como exemplo os nazistas e, também, foram mencionadas as imagens do *Wuncle Sam*, personagem conhecida do povo estadunidense. Contudo, 28% dos entrevistados, a minoria, acredita que, mesmo com emprego maciço de propaganda bélica, ao modo que Hitler aplicou, as propagandas não tiveram papel fulcral nas guerras passadas.

Posteriormente, foram recolhidas informações sobre a possibilidade de guerra virtual e apenas nessa modalidade bélica, levando em consideração todos os artifícios tecnológicos presente no século XXI, portanto observe a Tabela 6:

TABLE VI. Você acredita que haverá apenas guerra virtual?

Você acredita que haverá apenas guerra virtual?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim	31	31%
Não	69	69%

Como analisamos na tabela acima, vimos que 31% dos entrevistados não acham que há possibilidade de que os países usem como instrumento bélico apenas e unicamente a tecnologia, como drones controlados via controle remoto, ou até mesmo roubando informações privilegiadas de guerra, desligando sistemas em funcionamento pleno, artifícios totalmente novos e nunca postos em guerra. Contudo, 69 dos 100 indivíduos entrevistados desacreditam que haverá conflitos além dos tecnológicos, como conflitos com armas de fogo e até mesmo, como na segunda guerra mundial, o uso de artefatos atômicos, as temidas bombas atômicas.

Ao próximo passo, foi necessária a análise da utilização da propaganda para exibição de ideais e convicções, assim como todas as realizações bélicas, logo, observe os dados na Tabela 7:

TABLE VII. Você acredita que a propaganda será utilizada como um método de exibir ideais, convicções e feitos em uma guerra virtual?

Você acredita que a propaganda será utilizada como um método de exibir ideais, convicções e feitos em uma guerra virtual?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim	83	83%
Não	17	17%

Como foi visto acima, grande número dos entrevistados propõe que o uso de propagandas para a exibição de ideais e feitos na guerra, como números de mortes em combate ou até mesmo vídeos demonstrativos de poderio bélico, seria vastamente utilizado para incitar o ódio em seus inimigos e poderiam causar mais perdas de vidas, por exemplo. Porém, 17% discordam e acreditam que a propaganda seria utilizada para tais fins.

Ao oitavo item, foi questionado, segundo a opinião dos entrevistados, o empenho do Brasil em relação a uma possível guerra mundial e a propaganda bélica, os resultados estão catalogados na Tabela 8, perceba:

TABLE VIII. Você acredita que, para o Estado brasileiro, a terceira guerra mundial está eminente e inevitável?

Você acredita que, para o Estado brasileiro, a terceira guerra mundial está eminente e inevitável?		
Sim	83	83%
Não	17	17%

inevitável?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim	69	69%
Não	31	31%

Segundo a tabela de dados, 69% das pessoas entrevistadas acredita que, para o Brasil, esta guerra está bastante próxima e, provavelmente também, que ele deveria preparar-se para ela. Apesar disso, 31% afirmam que, para o Estado Brasileiro, não há com o que se preocupar e que atritos futuros serão resolvidos por meio de diálogo e compreensão.

Ao próximo passo, foi examinado o grau de influência que o entrevistado acredita que sofreria caso fosse apresentado a uma campanha bélica. Contemple os dados da Tabela 9, abaixo:

TABLE IX. *Você acha que seria influenciado por uma campanha bélica?*

Você acha que seria influenciado por uma campanha bélica?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim	22	22%
Não	78	78%

Pode-se notar que a maioria, 78% dos entrevistados, não acreditam que seriam influenciados pois acreditam que a propaganda utilizada por qualquer Estado Nacional ou grupo de valores morais extremos não surtiria o efeito desejado pelo mesmo. Contudo, a minoria acredita que a propaganda seja um meio de comunicação bastante eficiente para o recrutamento de novos membros aos grupos ou Estados.

Seguindo a sequência, foi questionado, a cada candidato, se existe alguma pessoa no meio social do indivíduo entrevistado que já está preparando-se diretamente para uma futura guerra. Avalie os dados na próxima tabela, a Tabela 10:

TABLE X. *Você conhece alguém que já foi recrutado pelas Forças Armadas Brasileiras, ou até mesmo pelos grupos bélicos existentes?*

Você conhece alguém que já foi recrutado pelas Forças Armadas Brasileiras, ou até mesmo pelos grupos bélicos existentes?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Sim, conheço	55	55%
Não, não conheço	45	45%

Concluiu-se que 55% obtêm pelo menos um elemento dos seus respectivos círculos sociais na Forças Armadas Brasileiras (Marinha,

Aeronáutica e Exército), ou até mesmo em grupos extremistas como Al Qaeda ou Estado Islâmico. Porém, 45% afirmam não conhecer ninguém presente nesses grupos ou instituições.

Penultimamente e ultimamente, foram questionados aos usuários do questionário em relação ao meio de comunicação mais eficiente e a motivação que leva os usuários a crerem nisso. Aprecie os dados na Tabela 11:

TABLE XI. *Qual você acredita ser o meio mais eficiente de adesão de membros aos grupos ou instituição bélica?*

Qual você acredita ser o meio mais eficiente de adesão de membros aos grupos ou instituição bélica?		
Opções	Quantidade	Porcentagem
Televisão	16	16%
Rádio	2	2%
Jornal	1	1%
Internet	46	46%
Pessoas para pessoas	12	12%
Por livre e espontânea vontade do indivíduo	23	23%

Segundo as estatísticas comprovam, 46% dos entrevistados, a maioria, acredita que a rede mundial de computadores, a internet, é o meio mais eficiente de aderir pessoas a um grupo ou instituição bélica, e com algumas justificativas expostas na outra questão, que era subjetiva, com o título “Afinal, por que você escolheu este meio de adesão?”. Entre a mais convincentes estão: “Porque é o meio de comunicação mais rápido e facilmente veiculado atualmente” e “Internet é o meio de comunicação mais poderoso no momento”.

VI. Conclusão e Considerações Finais

Levando em consideração todos os dados e informações prestadas pelos usuários do questionário, podemos perceber que muitas pessoas que foram avaliadas eram alunos(as). Destas pessoas, muitas acreditam que haverá uma terceira guerra mundial e que ela não será apenas virtual. Realizando uma síntese dos dados informados, muitas pessoas acreditam no poder de propagandas enganosas e falsas, têm consciência de que se usadas pelas pessoas erradas podem determinar a morte de milhões ou talvez bilhões de pessoas em uma guerra. Aliás, não é difícil levar em consideração a internet como um meio de comunicação que mais atrai pessoas para estes grupos extremistas, afinal ela é um dos meios que mais cresceu e popularizou durante o século XXI

A. Contribuições da Pesquisa

A pesquisa possibilita contribuições relevantes à comunidade científica, sobretudo por levantar a questão do uso de propaganda em guerras bélicas, e alertar as pessoas para a força que a internet possui para a disseminação deste tipo de propaganda.

B. *Limitações da pesquisa*

Poderia Ampliar o número de participantes, sobretudo, com o perfil de professores de história, e de pessoas com maior embasamento teórico sobre esta temática.

C. *Trabalhos Futuros*

Como sugestão de trabalhos futuros, poderia se investigar mais a fundo que sistemas de informação serão mais utilizados, e de que forma eles serão usados visando a propagação de ideias para a promoção de guerras.

VII. Referências Bibliográficas

- [1] Eguizábal Maza, R; Berstein, S; Villane, P. **A propaganda na Primeira Guerra Mundial**. Orange. 2012. Disponível em: <<http://www.resumosetrabalhos.com.br/propaganda-na-primeira-guerra-mundial.html>>. Acesso em: 02 abr. 2016.
- [2] Guimarães, E; Bezerra, F; Novaes, J; Lopes, K; Bastos, M. **Propaganda na Guerra Fria**. Guerra Fria e seus Reflexos na Atualidade. 2013. Disponível em: <<http://guerrafriaatualidade.blogspot.com.br/p/propaganda.html>>. Acesso em: 04 abr. 2016.
- [3] Lopes, C. **Propaganda de Guerra**. Moentos de História. 2013. Disponível em: <http://www.momentosdehistoria.com/MH_06_01_Patriotismo.htm>. Acesso em 02 abr. 2016.
- [4] Rollo, M. F; Pires, A.P; Novais, N.M. **Guerra e Propaganda no Século XX**. Instituto de História Contemporânea. 2013. Disponível em: <<http://ihc.fcsh.unl.pt/pt/encontros-cientificos/congressos-e-coloquios/item/35127-guerra-e-propaganda-no-s%C3%A9culo-xx>>. Acesso em: 05 fev. 2015.
- [5] Santiago, B. **10 Cartazes Icônicos da Segunda Guerra Mundial**. Kid Bentinho. 2014. Disponível em: <<http://kid-bentinho.blogspot.com.br/2014/02/10-cartazes-iconicos-da-segunda-guerra.html>>. Acesso em: 03 fev. 2015.

Executive Function Assessment in Parkinson's Disease Patients using Mobile Devices

Emília Bigotte
Coimbra Institute of
Engineering, Polytechnic
Institute of Coimbra
CASPAE
Coimbra, Portugal
ebigotte @isec.pt

Verónica Vasconcelos
Coimbra Institute of
Engineering, Polytechnic
Institute of Coimbra
INESC TEC
Coimbra, Portugal
veronica @isec.pt

Sofia Pires
Coimbra Institute of
Engineering, Polytechnic
Institute of Coimbra
Coimbra, Portugal

Tiago Fonseca
Coimbra Institute of
Engineering, Polytechnic
Institute of Coimbra
Coimbra, Portugal

Abstract — The objective of the project presented in this paper is to stimulate and evaluate the executive function in Parkinson's patients. This project is being developed in partnership with the Coimbra Hospital and University Centre and the private social solidarity institution CASPAE. It aims to answer specific needs identified in the neurology service during the medical appointments. A common test to assess executive function is the Trail Making Test (TMT). This test is done on paper during the medical appointments for the diagnosis and follow-up of patients with the executive function diminished, such as Parkinson's disease patients.

The way the TMT is done poses some problems that led to the development of an application for smartphones and tablets, with Android OS. This application has two operating modes: "Appointment", and "Train". The "Appointment Mode" makes the realization, reading, and the organization of the tests results easier. The "Train Mode" allows that patients improve their executive function performing tests that are randomly generated on your own smartphone.

Keywords - Executive function, Parkinson Disease, Trail Making Test, Android Operating System.

I. INTRODUCTION

According to the European Parkinson Disease Association, there are over 6.3 million people in the world with Parkinson. In Europe it was estimated that 1.2 million people have this disease and that in 2030 this number will double. In Portugal, according to the Portuguese Parkinson Association, there are 12 thousand people living with this disease [1].

The Parkinson disease (PD) is a degenerative, chronic and progressive disease, affecting usually the elderly people. It is a central nervous system disease that affects the brain ability to control movements. The disease is characterized by the destruction of dopaminergic neurons leading to a shortage of dopamine in the central nervous system and therefore to a disorder of movement [2].

Although the main symptoms of PD affect the motor ability of the patient, namely in slowness of movement, rigidity, tremor, or postural instability, that greatly affect daily life activities of daily like eating, and communicating, DP also causes observable cognitive changes, mainly in advanced stages of the disease [3]. These changes mean that performing tasks that require the

patient's attention and concentration, tend to be more difficult to accomplish.

The executive function has been object of discussion and research around the world. This term refers to cognitive skills used to control and coordinate other cognitive abilities and behaviors, e.g. attention, problem solving, initiation of an action, planning actions, sequencing, cognitive flexibility, making decisions, inhibition behaviors, self-control, emotional regulation.

After an intensive market search we realized that there are few applications that stimulate and evaluate executive functions. Thus, in collaboration with the Neurology Service of Coimbra Hospital and University Centre (CHUC) and with CASPAE, IPSS - Coimbra, a private institution of social solidarity, it is being developed a project that helps the diagnosis and management of Parkinson's disease. This project is integrated in a bigger project of CASPAE, named "Assisted Living Environments Associated with Parkinson's disease" which aims to provide supervisory and assistance tools in patient's daily life activities.

Among the tests used clinically to assess the executive function on a Parkinson patient, the Trail Making Test (TMT) is the most widely used [4]. Usually, this test is performed in a sheet of paper during the Neurology appointment. The objective of the project was to develop an application for Android smartphones or tablets that allows the realization of the TMT, and an automatically analysis of the results in few seconds. The application can also save the patient's historical for future evaluation. The tool has also a mode that allows patient to train its executive function. The application allows various stages of implementation, each of them corresponding to a different level and, consequently, an obstacle to overcome.

With this work, our aim is , above all, help to improve the diagnosis, evaluation and monitoring of patients with executive function affected, such as Parkinson's disease patients.

II. THE TRAIL MAKING TEST

The advantages of the TMT is that it is fairly simple to use and allows a fast assessment. The TMT is usually performed in medical appointments by the neurologist to help the diagnosis of specific diseases like Parkinson. It is also used to monitoring disease progression. The patient is given a sheet of paper with

several sequences of numbers or letters randomly scattered. The patient should be able to identify the correct the sequence in the shortest time possible, and with the lowest number of errors [5].

Figure 1 presents an example of a TMT test done in paper. The test has two parts, Part A and Part B, which correspond to different levels of difficulty. In Part A the patient should draw a path between the numbers 1 to 25, in order to sort them by ascending order. In Part B, the patient should draw a path alternating between the numbers 1 - 13 and the letters A to M, e.g. 1 - A, 2 - B, 3 - C, and so on. In each part there is also a simple example whose goal is to sort the numbers 1 - 8 in ascending order and in Part B, the example is just sort the numbers 1 - 4 and letters from A to D, alternately and in ascending order. Before the exam starts, it is explained to the patient examples of both Part A and Part B, in which the instructions are given. It is also explained to the patient, clearly, the objective of the two parts of the test. The time that the patient needs to solve the test is registered.

As shown in Table I, the results are analyzed comparing the time the patient took to do the test and the average time it takes to a normal person. The test execution time is greater as more symptoms are present [5].

TABLE I. REFERENCE VALUES TO INTERPRET THE TMT'S RESULTS.

	Average	Deficient	Rule of thumb
Part A	29 seconds	>75 seconds	> 90 seconds
Part B	75 seconds	>273 seconds	> 3 minutes

Studies found that the results are also influenced by patient's age and by their level of education. Patients with a low education level tend to take more time to finish the test, compared to those who have a higher education. The age of the patient is also a factor to consider in both parts of the test, since the results tend to get worse in older patients. Studies also show that the results in part A are mainly affected by age, while part B is equally affected by age and education level [6].

A. Problems Found

Since the test is performed on paper, and doesn't have any type of technology associated, it presents some drawbacks:

- Sometimes the test resolution is confusing due to overlapping of the traits that link the numbers and / or letters, making it difficult to count the errors on the part of the physician;
- The time clocked by the physician is never 100% correct because it is controlled visually and may exist differences between the real time and the measured time;
- The tests are always equal, for the same level. So, if a

patient make the same test more than one time, the results may be biased by the memory of the last test, reducing the test runtime, therefore the results do not have any clinical significance;

- At last, the paper solution does not allow a history of the patient's results. This information can be valuable to the follow-up of the disease.

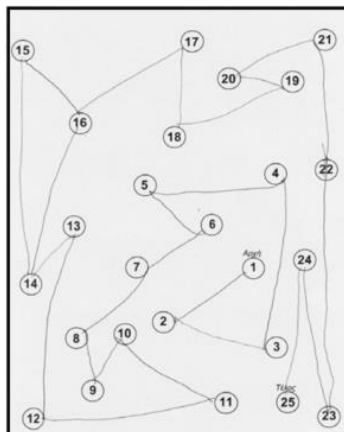


Figure 1. TMT realized by a Parkinson Disease patient during a medical appointment (source [7]).

An example of a resolved test, using only a sequence of numbers is shown in Figure 1.

B. Proposed Solution

The awareness of the problems listed above, and in order to make the TMT more efficient and versatile, an Application was developed that allows the patient to perform the test on a simple Android smartphone or tablet. We chose the Android Operating System (OS) because it's open sourced and highly customizable. Research was carried out to check for the existence of applications that implement the TMT test. In Table II is made a comparative analysis of the characteristics of apps available (one for the Android OS [8] and one for iOS [9]) with the one developed by us.

TABLE II. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF AVAILABLE APPS.

	Proposed App	TMT (Android)	TMT (IOS)
Time	Yes	No	Yes
Errors	Yes	No	Yes
Randomness	Yes	No	Yes
Readability	Yes	No	No

User Friendly	Yes	No	No
Saving Capabilities	Yes	No	No

The advantages of the Android application over the paper version are:

- The distribution of numbers and letters is randomly generated for each test. Thereby the patients can do the test many times without interfering in the results, since there is no possibility of memorize the sequence, as in the paper version;
- The time of execution is far more reliable in the developed application. The patient clicks a button to start a timer that stops when the test ends, allowing the record of the exact time of duration of the test;
- Visually the resolved test is less confuse. The correctly numbers or letters marked are green and the wrong selection are red. So it is possible to quickly understand and count the errors;
- Finally, the number of errors are counted and shown at the end of the test, as well as the duration of the performed test.

The goal of the project was to develop an application that could be used by the doctors in their appointments, with the advantages described above, and that can also be used by the patients in their own Android smartphones or tablets. Therefore, the application has two operation modes: the “Appointment Mode”, and the “Train Mode”.

C. Application Features

The installation of the application is a very simple process that consists on the download of the file from the Play Store (Android System App Store) and the smartphone/tablet will automatically install the app, leaving the full application ready to use in seconds.

The Appointment Mode asks for the patient’s identification, name and education level, before proceed to the test itself. The age and education level are important data, since the performance of the test can be affected by them.

The Train Mode only asks for a username and a password before continuing to the test. When the test ends the latest results are shown, allowing the patient or family to analyze them. The existence of the authentication allows the application to be used by more than one person at the same mobile device and to perform the test without interfering with other users’ data.

The application has four levels on both modes. The Level 1 is the existing example in the Trail Making (Part A), Level 2 the Trail Making (Part A), Level 3 the example of Trail Making (Part B), and Level 4 Trail Making (Part B). The logic behind each level is the same: the number of buttons for the numbers and letters required in each level are created and randomly

disposed in the touch screen. A start button is also created, as well as a time display (Figure 2).

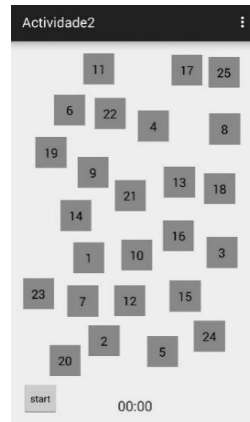


Figure 2. Screenshot of the TMT part A of the Level 2 before it starts. The numbers are randomly distributed and the timer is set to zero.

When starting the test the patient must touch the "start button", and start the sequence in the right way. Every time the patient touches a button in the right order, the button turns green, and every time he touches the wrong button, the button turns red and stays red until the patient touches the correct button. Every time this happens an error will be counted, as can be seen in Figure 3.



Figure 3. Screenshot of the TMT showed during the execution of the Part A test (Level 2) with one error (red button).

As shown in Figure 4, when all the buttons are green, meaning that the patient solved the test correctly, the test is

finished. A message is displayed congratulating the patient for finishing the test and displaying the time elapsed and the number of errors the patient made. Then the patient can choose to do the same level again, but with different positions of the numbers and letters, or leave that level.



Figure 4. Screenshot of the TMT showed when the test comes to the end. Example for the Part A test (Level 2).

In Figure 5 you can see the conceptual model for a local database that will allow the consult of all the results on both modes, in a simple and easy way to patients and doctors. The database is an important tool to perform statistical studies regarding the tests results. The extracted information can be valuable for the medical team that follows the patient and to the patient.

The database conceptual model has three entities: Train_Users (that saves the id_train_user, username and password of each user), Test (that saves the id_test and data of each test), and Appointment_Users (that saves id_patient, age and education level of the user in the Appointment Mode). These entities are related by Train-Test and Appointment-Test one-to-many relationships, i. e. each patient can perform many tests, but each test can only be performed by one patient.

III. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

The project described in this paper aims to answer to specific needs of the CHUC's neurology service. An application for Android platform was developed to allow the stimulation and assessment of the executive function. These application allows that the TMT be used by doctors and patients in a simple and useful way.

Since the level of education is a factor to be considered in the analysis of TMT results, the application will include an original type of test that includes sequences of common images (e.g. seed

- tree - leaf - flower - fruit) in order that the level of education will not be a factor that affects the patient's performance.

We also intend to optimize the application "Trail Making Test" in order to put it at the Play Store, so everyone can download it and use it freely.

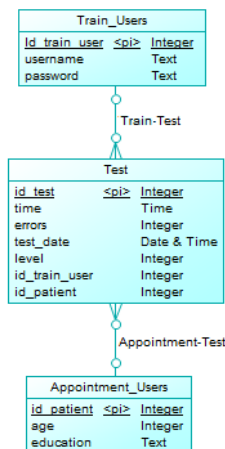


Figure 5. Conceptual Model of the local database, of both modes of the application.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Dr. Cristina Januário and her medical team from Neurology Service of Coimbra Hospital and University Centre, for their medical knowledge and assistance.

We also thank to the students Mara Santos and Elisa Fernandes for their contribution to this project.

REFERENCES

- [Online] European Parkinson's Disease Association. ([n.d.]). Consulted in May 2015.
- S. M. Cardoso, "Disfunção Mitochondrial explica doença", Revista Da Associação Portuguesa de Doentes de Parkinson, no. 31, 2013.
- A. J. Romann, S. Dornelles, N. Maineri, C.R.d.M. Rieder, M.R. Olehik, "Cognitive assessment instruments in Parkinson's disease patients undergoing deep brain stimulation," Dement Neuropsychol, vol. 6, pp. 2-11, 2012.
- J. Carvalho, C. O. Cardoso, C. Cotrena, D. Bakos, C. Kristensen, R. P. Fonseca, "Tomada de decisão e outras funções executivas: um estudo correlacional," Ciências Cognitivas, vol.17, no. 1, 2012.
- [Online] http://doa.alaska.gov/dmv/akol/pdfs/uiowa_trailmaking.pdf
- [Online] T. N. Tombaugh, "Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education," 2003. Consulted in May 2015.
- M. Tsolaki, C. Z. Messini, M. Siaperi, F. Fotiadou, D. Delaporta, A. Karatolias, "Depression, extrapyramidal symptoms, dementia and an

unexpected outcome: a case report," Cases Journal, pp: 3-47, 2010.

- [8] [Online]
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zsimo.trailmakingtest&hl=pt-PT>
- [9] [Online]
<https://itunes.apple.com/pt/app/trail-making-test-b/id494091288?mt=8>

Health Translations

A crowdsourced, gamified approach to translate large vocabulary databases

Augusto Cravo Silva

Department of Informatics Engineering,
Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
augusto.cravo.silva@fe.up.pt

Carla Teixeira Lopes

INESC TEC and DEI,
Faculty of Engineering, University of Porto
Porto, Portugal
ctl@fe.up.pt

Abstract — The health domain is rich in specific vocabulary and information structures. Previous work on this area includes the collection of this information in information systems. However, the language of these can limit their use. To overcome this, we present Health Translations, a web application that uses crowdsourcing to translate a large vocabulary set that, currently, is only available in English. To increase usage, gamification methods are applied that reward both the quantity of collaboration and the quality of it. When completed, these translations can be made available without costs to the research community. This paper presents the platform as a responsive web application.

Keywords - health information retrieval, crowdsourcing, gamification, cross-language retrieval, interactive machine translation.

I. INTRODUCTION

Information processing can be improved through the use of existing *information structures*. Unfortunately, much of these structured data is only available in one language which leads to difficulties when applying the same techniques to other languages. The Health Translations web application proposes a solution to this problem using a crowdsourcing approach with gamification. Although it can be adapted for other information structures, it was originally developed having in mind the translation of the Consumer Health Vocabulary (CHV), a vocabulary linking everyday words about health to technical terms used by health care professionals [1], only available in English. The CHV includes more than 158,000 strings.

Crowdsourcing translation is a technique that allows the collaborative translation of information with professional quality by using ranking techniques and reducing the effort of each contributor [4] in what can be seen as a tedious task. To improve the motivation of the users, gamification is applied, i.e., “the use of game design elements in non-game contexts”[5]. Also, automatic translations are used as a starting point for the correct translation.

Besides its contribution to the translation of general information structures, Health Translations aims to make the CHV available in several languages and without costs to the research and medical communities. It is specially designed to be used by health care professionals.

This paper will provide an overview of the system and of the expected results.

II. RELATED WORK

A. Crowdsourced and Automated Translations

Crowdsourcing platforms are getting increasingly popular. One known example is Amazon’s Mechanical Turk [2], an online marketplace designed for people to complete *Human Intelligence Tasks* and get small fees by completing each task. More specifically, crowdsourcing translation platforms are also widely available these days. One example is Transifex [3] that make it easy to localize websites and applications both by professional methods and crowdsourcing ones. There are different roles such as translators and reviewers that ensure the quality of the contributions. The contribution of automatic translation methods to human translation services and vice-versa has been described by S. Green et al [7]. They developed a “mixed-initiative system in which human and machine agents interactively refine translations” [7] starting with an automatic translation that, when modified by the user, also suggests new translations for the remaining words, based on context.

B. Gamification

“Gamification has been defined as a process of enhancing services with (motivational) affordances in order to invoke gameful experiences and further behavioral outcomes” [8]. It can be broken down to three parts as seen in fig. 1. This way, when developing a gamified approach, one should:

- Choose which affordances to use. For example: points, leaderboards, achievements/badges, levels, story/theme, clear goals, feedback, rewards, progress;
- Understand the psychological outcomes of the gamification techniques in place: motivation, attitude and enjoyment;
- And, understand the behaviors resulting from these psychological effects.

C. CHV related work

CHV has been used for different projects related to Health Informatics. Josceli Tenrio et al. [9] also introduce a proposal for translating it. However, this work focus only in the translation to Brazilian Portuguese and relies on the Delphi method in contrast to crowdsourcing.

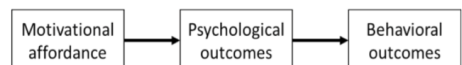


Figure 1. Main parts of gamification. [8]

This work is funded by the project "NORTE-01-0145-FEDER-000016", financed by the North Portugal Regional Operational Programme (NORTE 2020), under the PORTUGAL 2020 Partnership Agreement, and through the European Regional Development Fund (ERDF).

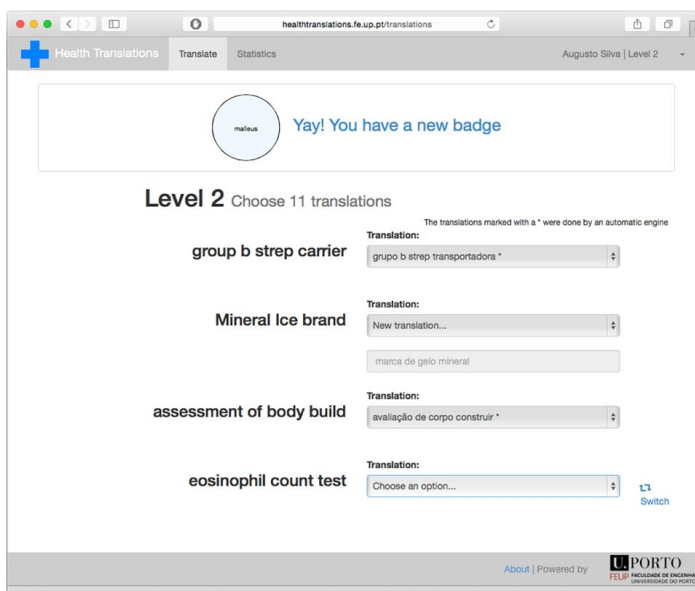


Figure 2. Voting page.

III. CROWDSOURCING TRANSLATIONS WEB APP

The system was developed in the form of a multi screen web application built with *Ruby on Rails* and with information persisted by *PostgreSQL*. Here the community is asked to translate medical strings, i.e. *vote*, either by selecting an existing one or by proposing new ones (that will be added to the list of available translations for that string). To speed up the process, we provide translations for the majority of the strings. These translations were previously obtained automatically through Google Translator and Wikipedia and are preloaded in the database alongside with the CHV strings.

When faced with a string to translate, users can ask that string to be switched to another. This is useful for situations in which users have doubts and avoids low-quality translations. Moreover, all new translations are spell checked to improve overall quality as the user types the words (see Section V). These features are illustrated in fig. 2.

In what interaction is concerned, the strings to be translated are presented in an incremental manner, i.e., only after the previous one is submitted but without leaving the same page; the automatic translations are clearly marked and unknown/incorrect words found by the spell checker appear below the input box. There are also interaction aspects related to gamification, which are exposed in Section III-A.

In Section III-B we explain the different ways the strings can be prioritized for translation and the criteria that makes a translation valid, so that, the corresponding CHV string is no longer showed to the users to be translated.

A. Gamification

To give users motivation to translate more strings, the system applies gamification techniques that not only reward the number of translations but also their quality. To remove the overhead of the user registering process, there is also the possibility to enter the web application as an anonymous user but this will prevent the user to take part in the gamified experience. The following subsections describe the used gamification techniques.

1) *Levels*: The level of a user is determined by the number of strings he/she has translated. As the level gets higher, the number of required translations increases. This feature aims to increase the number of translations per user.

2) *Points*: When a user votes on the same translation other users voted before, these other users get points. By doing this, the quality of their votes and their contribution to the validation of the translations is rewarded.

3) *Badges*: The number of provided votes and won points are then converted into badges as the user reaches predefined milestones. Since the community that will use this system is composed by health care professionals, badges will be associated with persons with outstanding achievements in the health domain (e.g. Nobel laureates). Since a part of the target users are still studying towards a medical degree, this will also have a pedagogic impact on them. An example of a badge being rewarded (to be improved in the future with a graphic visualization) can be seen in fig. 2.

4) *Ranking in the workplace*: Each user has a profile with his/her achievements and how these compare to their

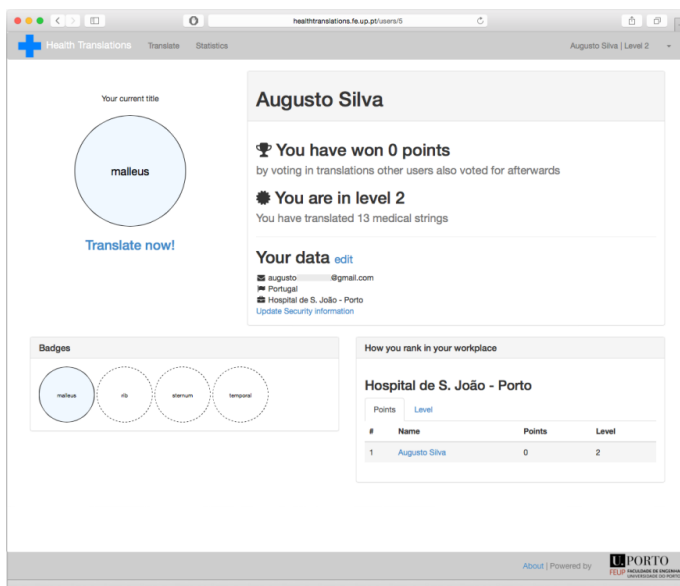


Figure 3. User Profile.

colleagues and by this take part in a friendly competition which is expected to increase usage. By placing the mouse over the badges users know what is the corresponding milestone. An example of a profile can be seen in fig. 3.

B. Statistics and Administration

From user interaction, there are some important statistics which provide the interested parties an overview of the platform: the progress of the project via the percentage of CHV strings that have been successfully translated; the accuracy of automatic translations by analyzing their number of points; the top strings users chose not to translate (i.e. clicked on the “switch” button when in the Voting page), which can be seen as difficult concepts. An example can be seen in fig. 4.

Considering these, the administrator can adjust how the application behaves by choosing:

- When a string is considered to be translated, i.e. by a minimum number of votes in the most voted option, a minimum difference of votes between the first and second most voted options or a combination of both;
- What is the current priority, i.e. to get the valid translation of some strings or to get some translations for all, which will change which strings are going to be translated next - the ones where the best translation has the highest number of votes or randomly, respectively;
- To hide non-relevant strings, e.g. chemical compounds, and to edit/hide incorrect/irrelevant translations.

An example of translation management can be seen in fig. 5.

IV. CURRENT WORK

Currently, we are testing the platform with some users and improving its features with their feedback. We are also improving the overall design of the platform which includes a branded image for the platform as long as designed badges and improved interaction. We are also working with medical schools to spread the word of the utility of this platform.

V. CONCLUSIONS AND FUTURE WORK

We presented a web application that applies crowdsourcing methodologies together with a gamified approach to successfully translate a large *information structure* that, currently, is only available in one language. The platform is currently available in English and supports translating from English to any other language. Currently, spell checking and automatic translation methods are only available for Portuguese users. The next step is to improve the graphic design and make it available to a health professional community and by this be able to build a translated CHV. After these, the code will be open sourced. In the future we want to offer the features mentioned above to other languages and continue improving the quality of the results by, for example, making votes from users with more points have more value in the translation process. This application can be easily applied to different domains and other source languages. A working version of the platform is available at <http://irlab.fe.up.pt/p/healthtranslations>

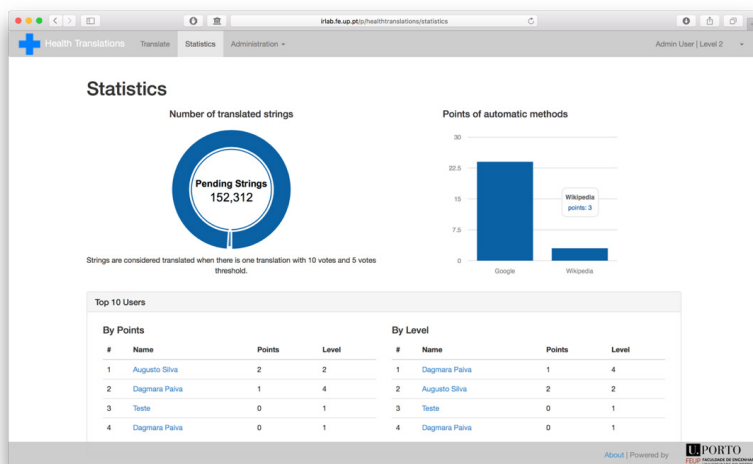


Figure 4. Statistics for administrators.

Concept Id	CHV String	Best Translation	All Translations	Hide/Show
C0000892	acarus	acaros	View	Hide
C0000766	abnormal x rays	anomalia x raios	View	Hide
	abnormal xray	anomalia xray	View	Hide
	abnormal xrays	anomalias raios x	View	Hide
	x-ray abnormal	x-ray anomalias	View	Hide
C0000768	abnormal development	anomalias desenvolvimento	View	Hide
	abnormalities congenital	anormalidades congênita	View	Hide
	abnormalities developmental	anormalidades desenvolvimento	View	Hide
	abnormality congenital	anormalidade congênita	View	Hide
	anomalies congenital	anomalias congênita	View	Hide
	anomalies fetal	anomalias fetal	View	Hide
	anomaly congenital	anomalia congênita	View	Hide
	birth defect	nascimento defeitos	View	Hide
	birth defects	nascimento defeitos	View	Hide
	birthing defects	parto defeitos	View	Hide
	births defects	nascimentos defeitos	View	Hide
	congenital abnormalities	congênita anormalidades	View	Hide

PORTO INSTITUTO DE INVESTIGACAO EM SAUDE

Figure 5. Management of translations and strings.

References

- [1] University of Utah. Consumer Health Vocabulary Initiative. Visited on 01/10/2015. <http://consumerhealthvocab.org>.
- [2] Amazon Mechanical Turk. FAQs page. Visited on 12/10/2015. <https://www.mturk.com/mturk/help?helpPage=overview>
- [3] Transifex. Product page. Visited on 12/10/2015. <https://www.transifex.com/product/translate/>
- [4] Omar F. Zaidan and Chris Callison-Burch. 2011. Crowdsourcing translation: professional quality from non-professionals. In Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies - Volume 1 (HLT '11), Vol. 1. Association for Computational Linguistics, Stroudsburg, PA, USA, 1220-1229.
- [5] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. 2011. From game design elements to gamefulness: defining "gamification". In Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments (MindTrek '11). ACM, New York, NY, USA, 9-15. DOI=10.1145/2181037.2181040 <http://doi.acm.org/10.1145/2181037.2181040>
- [6] Carla Teixeira Lopes, Cristina Ribeiro. Identification and Classification of Health Queries: Co-Occurrences vs. Domain-Specific Terminologies. International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI), 9(3), 55-71, 2014. DOI=10.4018/ijhisi.2014070104.
- [7] Spence Green, Jeffrey Heer, and Christopher D. Manning. 2015. Natural Language Translation at the Intersection of AI and HCI. Queue 13, 6, pages 30 (June 2015), 13 pages. DOI=<http://dx.doi.org/10.1145/2791301.2798086>
- [8] Juho Hamari, Jonna Koivisto and Harri Sarsa. Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. 47th Hawaii International Conference on System Science. 2014.
- [9] Josceli Maria Tenrio, Ivan Torres Pisab. Consumer Health Vocabulary: A Proposal for a Brazilian Portuguese Language. MEDINFO 2015: eHealth-enabled Health. 2015.

Metodología para realizar evaluación de respuestas a preguntas escritas en formato de texto

Text format written questions evaluation Methodology

María Alejandra Paz Menvielle, Mario A. Groppo, Marcelo M. Marciszack, Martín Casatti
Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información,
Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba
Córdoba, Argentina
pazmalejandra@gmail.com, proyale@groppo.com.ar, marciszack@gmail.com, mcasatti@gmail.com

Resumo — Este documento presenta un método para analizar las respuestas escrita por alumnos en forma de texto redactado en lenguaje natural, a preguntas de un examen, con el fin de contrastar su grado de coincidencia con alternativas de respuestas suministrada por un docente. Se muestran la utilización de grafos y las técnicas que permitirán asignar valores a los conceptos y relaciones a fin de poder ponderar la respuesta suministrada por el alumno y compararla con la ponderación de la respuesta base elaborada por un docente.

Palabras clave: análisis de textos; grafos; detección de patrones; reconocimiento; detección de rutas.

Abstract — This paper presents a method to analyze student's natural language text format written answers, to test questions and check its agreement with teacher's provided alternative answers. It shows the use of graphics and techniques which will allow to assign values to concepts and relations, to evaluate the student provided answer to compare it with the pondering of the base answer provided by a teacher.

Keywords - text analysis; graphs; pattern detection; recognition; detection routes.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla en el marco del proyecto de investigación y desarrollo homologado por la Secretaría de Investigación, Desarrollo y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional.

Debe dar cumplimiento en simultáneo a dos grandes requisitos. Por un lado los contenidos mínimos fijados para la asignatura Paradigmas de Programación de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información, los cuales pertenecen al bloque de tecnologías básicas dentro del área programación, que están principalmente referidos a los paradigmas lógicos, funcional y de orientación a objetos. Y por otro lado cumplir con los descriptores y criterios de intensidad de formación práctica de la Resolución Ministerio de Educación, los que se encuentran definidos en el área de tecnologías básicas, sub-área programación que incluyen a los paradigmas y lenguajes de programación.

El proyecto surge a partir de la necesidad de desarrollar un sistema que represente de manera adecuada y simple el

dominio de la cátedra Paradigmas de Programación, y también las estructuras del lenguaje natural, con el fin de determinar si la respuesta a una pregunta es correcta, dentro del dominio especificado y aplicando las técnicas y reglas gramaticales relacionada con los lenguajes estructurados [7].

Se aplica la Teoría de Grafos según la cual es posible construir un grafo que cumpla con la condición mostrada en la ecuación (1).

$$G = (V, A) \quad (1)$$

Donde V es el conjunto de todos los conceptos pertenecientes al dominio en cuestión, constituyendo los vértices que se denominarán v_1, v_2, \dots, v_n , y A es el conjunto de todas las relaciones válidas entre dos conceptos.

Dados entonces dos conceptos v_1 y v_2 existirá una línea a_{ij} que une dichos conceptos, si y sólo si, los conceptos están relacionados.

Las relaciones no son bidireccionales por ello se utilizan grafos dirigidos para representar el sentido de dicha relación. [3]

Existen dos tipos de enfoque relacionados a la búsqueda de patrones dentro de información almacenada en forma de grafos.

El primer enfoque, es la detección de sub-grafos [8], donde se buscan ciertas estructuras, contenidas en un grafo de mayor tamaño. Generalmente el resultado de dichas búsquedas es binario y simplemente se determina si la estructura se encuentra, o no, en el grafo destino.

El segundo enfoque es el de búsquedas inexactas, en donde se debe especificar al algoritmo, además de la estructura que se desea encontrar, un cierto umbral que debe ser considerado si la estructura exacta no se encuentra. Teniendo en cuenta este umbral, el algoritmo busca los elementos de la estructura especificados con cierto grado de semejanza, por ejemplo con conceptos faltantes, con relaciones similares pero no idénticas, o con órdenes alterados o invertidos en las relaciones [9].

Debido a la naturaleza inherentemente variable de las respuestas registradas en exámenes al mismo conjunto de preguntas, se utilizará el enfoque de búsqueda inexacta, para la

determinación de la validez, total o parcial, de las respuestas obtenidas.

En el apartado siguiente se explica cómo se modeló el dominio, luego se detallan los pasos que se siguen cuando una oración es analizada y los mecanismos de búsqueda de conceptos y relaciones. Finalmente se enuncia la forma en que se ponderan las respuestas para determinar el porcentaje de exactitud de la misma.

II. MODELADO DEL CONOCIMIENTO

Los conceptos impartidos en la materia se representaron a través de una estructura de grafos, en la forma de un grafo dirigido, con atributos que amplían el contenido semántico de las entidades involucradas.

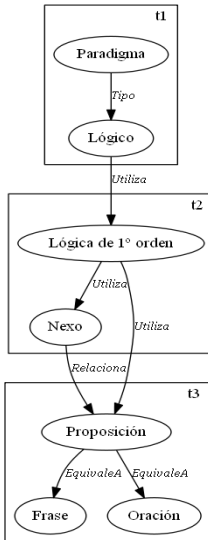


Figura 1. Ejemplo de evolución de encadenamiento de nodos en momentos t1, t2,t3

Se partió del estudio de la modalidad académica de la materia para determinar los ejes fundamentales y las unidades temáticas contenidas en la misma, así se definió el primer conjunto de nodos, de nivel cero, que comprendían los conceptos desde los cuales se derivarían el resto de los datos. El resto de los nodos se fue encadenando de forma natural como parte de la evolución normal del dictado de la materia. Véase ejemplo de la Figura 1.

Un camino similar se siguió con las relaciones que surgieron entre dichos nodos, las mismas se fueron definiendo a medida que las asociaciones entre conceptos se hacían necesarias [3] [5].

En la figura 2 se pueden apreciar algunos de los tipos de relación que actualmente intervienen, en el ejemplo se tratan conceptos relacionados con el Paradigma Orientado a Objetos (POO).

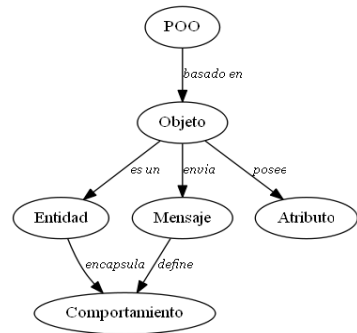


Figura 2. Tipos de relaciones

III. MECANISMO DE BÚSQUEDA

Se utilizará el siguiente texto respuesta para ejemplificar la operatoria:

El paradigma POO está basado en objetos que contienen variables, nexos y envían mensajes.

A. Corrección ortográfica y gramatical

Se comienza realizando una revisión ortográfica y sintáctica del texto respuesta a fin de evitar la búsqueda de términos con errores ya serían inexistentes en la base de datos. La misma se basa en una revisión de palabras, contra un diccionario de idioma español y se verifican las reglas gramaticales básicas, antes de suministrar el texto al motor de búsqueda.

B. Simplificación del texto

El texto respuesta, validado en su ortografía, se divide en tokens o unidades atómicas, y se determina si son conceptos o relaciones previamente guardadas en el grafo.

El motor de búsqueda devuelve la misma lista de tokens con marcadores que indican si cada uno de los términos existe, no existe, o es una equivalencia de un concepto existente (véase Figura 3). El usuario decidirá qué acción tomar con respecto a los términos inexistentes. Puede descartarlos de la consulta, reformularlos o solicitar que se agreguen como conceptos nuevos. De esta forma, al ir realizando consultas sobre el grafo también se pueden ir realizando los pasos necesarios para que la base de conocimientos se mantenga actualizada.

En el ejemplo de la figura 3 se agrega el término "POO", se elimina el término "nexo" y se cambia "variable" por "atributo".

C. Búsqueda de rutas

Una vez que el motor no tiene más sugerencias al respecto de los términos solicitados, se procederá a la búsqueda de las rutas válidas que interconectan los conceptos.

Para ello se utilizan mecanismos iterativos y recursivos para obtener las listas de relaciones que unen los conceptos o nodos. El objetivo de este paso no es obtener una única ruta,

no la mejor ruta, sino el conjunto de todas las rutas que contienen los conceptos indicados, sin discriminar los tipos de relaciones que los unen.

PARADIGMA A	POO B	OBJETO C	VARIABLE H	NEXO E	MENSAJE F	Vector inicial
A	B	C	H	E	F	B, D, E (no existen)
A	B[+]	C	ATRIBUTO D		F	Agregar B. Reemplazar D por H. Descartar E
A	B	C	D		F	B Agregado. H existe.
A	B	C	D		F	Vector final de búsqueda

Figura 3. Ajuste del vector de búsqueda

D. Valoración y ponderación de conceptos y relaciones

Considerando que la búsqueda de relaciones entre conceptos deberá ser empleada para poder evaluar el grado de validez de una respuesta, se planteó la necesidad de comparar las posibles respuestas con una respuesta base, definida como correcta. De esta forma, todas las posibles rutas serán comparadas con esta respuesta base y se computará su grado de validez en base a esa comparación.

Los pasos necesarios para realizar la valoración de respuestas son los siguientes:

Para cada ruta encontrada, la llamaremos ruta candidata, se aplicará un algoritmo cuyo objetivo es contar la cantidad de conceptos y relaciones exactas que la componen. Se considerarán conceptos y relaciones exactas a aquellas que se hallan con el mismo nombre y en la misma posición que en la respuesta base.

Si la respuesta candidata tiene los mismos conceptos y relaciones, en las mismas ubicaciones y con los mismo nombres que en la respuesta base, se la denomina “respuesta perfecta” y tendrá un valor que se calcula como se muestra en (2).

$$V_r = C + R \quad (2)$$

Siendo:

V_r : Valor de la respuesta

C : Cantidad de conceptos

R : Cantidad de relaciones

Cualquier otro caso implicará que hay conceptos o relaciones inexactas (con valores ponderados < 1) y se requerirá un análisis diferente para obtener la mejor respuesta, como se explica a continuación:

1) Valoración de los conceptos:

Caso 1: Los conceptos son coincidentes pero las ubicaciones dentro de la respuesta difieren de la respuesta base. En este caso se calculará para cada concepto inexacto el desplazamiento con respecto a la respuesta base. Se considera que mientras más alejado esté el concepto de su ubicación correcta, su incidencia en la respuesta disminuye [11]. Es por ello que el valor del concepto se ponderará como se muestra en (3).

$$C_d = 1 - \left| \frac{P_c - P_b}{n} \right| \quad (3)$$

Siendo:

C_d : Valor del concepto desplazado

P_c : Posición del concepto candidato

P_b : Posición del concepto en la respuesta base

n : Cantidad de conceptos en la respuesta

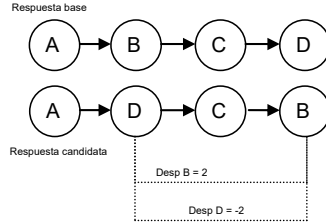


Figura 4. Desplazamiento entre conceptos

Respuesta base: El paradigma (A) POO (B) está basado en objetos (C) que contienen atributos (D)

Respuesta candidata: El paradigma (A) que utiliza atributos (D) contenidos en objetos (C) se denomina POO (B)

Caso 2: Los conceptos no son exactos en el nombre, sino que son equivalentes a los conceptos de la respuesta base.

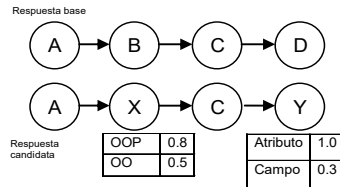


Figura 5. Peso de conceptos no-exactos

En este caso, cada concepto tendrá una tabla de equivalencias, definida por el docente, cuyo fin será ponderar cada una de las equivalencias a un valor numérico entre 0 y 1, donde 1 será una equivalencia completa, que indicará que ambos términos pueden usarse indistintamente. De esta forma el valor de C_e (concepto equivalente) es el valor que se obtiene de las tablas de equivalencia, para el concepto dado tal como se observa en la figura 6.

Los casos 1 y 2 descriptos se podrán combinar cuando existan conceptos que no son exactos en el nombre, y además se encuentren en ubicaciones diferentes a las definidas en la respuesta base, ponderando el concepto candidato según (4).

$$C_{de} = C_d \cdot C_e \quad (4)$$

Siendo:

C_{de} : Valor del concepto desplazado equivalente

C_d : Valor del concepto desplazado

C_e : Valor del concepto equivalente

2) *Valoración de las relaciones*: Las relaciones deben ser valoradas de una forma similar a los conceptos para obtener la valoración total de la respuesta. Se han detectado distintas situaciones o casos que serán descriptos a continuación.

Caso 1: La relación es exacta y los nodos de origen y destino son exactos. En este caso se considerará una relación exacta pura y su valor será igual a 1.

Caso 2: La relación es exacta pero un nodo o ambos, nodo origen y nodo destino, no son exactos. En este caso el peso de la relación se reducirá, debido a que no hay forma de asegurar que la relación original siga siendo válida al haber cambiado la exactitud de los nodos asociados. En este caso el valor de la relación se calculará como se aprecia en (5).

$$V_r = \frac{(1+C_o+C_d)}{3} \quad (5)$$

Siendo:

V_r : Valor de la relación

C_o : Valor del concepto de origen

C_d : Valor del concepto de destino

Caso 3: La relación no es exacta pero los nodos de origen y destino si lo son. En el caso en que la relación no es exacta se deberá analizar la lista de equivalencias suministrada por el sistema. Esta lista contendrá los términos equivalentes con su ponderación asociada para una relación dada en la respuesta base. Si la relación en la respuesta candidata se encuentra dentro de la tabla de equivalencias, el valor R_e de dicha relación, se obtendrá directamente de la tabla.

Caso 4: La relación no es exacta y los nodos de origen y/o destino tampoco lo son. En este caso se deberá utilizar también la tabla de equivalencias pero los pesos ponderados de los nodos de origen y destino podrán ser alterados de acuerdo a sus propias equivalencias.

Aquí el valor de la relación se definirá como la media matemática entre los valores de los nodos de origen y de destino y el valor ponderado de la relación equivalente (6).

$$V_r = \frac{(R_e+C_o+C_d)}{3} \quad (6)$$

Siendo:

V_r : Valor de la relación

R_e : Valor de la relación equivalente

C_o : Valor del concepto de origen

C_d : Valor del concepto de destino

En el ejemplo de la figura 6, la respuesta candidata es: *Una clase formada por variables* ($A_1 \rightarrow R_1 \rightarrow D_2$).

Tendría un valor ponderado como se muestra en (7).

$$V = \frac{(A_1+R_1+D_2)}{3} \quad (7)$$

$$V = \frac{(0.7 + 0.9 + 0.3)}{3} = 0.633$$

IV. EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA

Una vez realizado el cálculo del valor de la respuesta, el valor obtenido variará entre 0 y el valor de la respuesta base, si son iguales implicaría una respuesta correcta "perfecta" con un grado de coincidencia conceptual del 100%.

Los valores intermedios indicarán el grado de aproximación de la respuesta suministrada, a la respuesta base.

V. CONCLUSIONES

Se ha presentado un método que permitirá establecer si las respuestas escritas en forma de ensayo a preguntas de examen, son o no correctas. Para ello se ha representado el dominio del conocimiento empleando la teoría de grafos.

Hasta el momento se ha desarrollado en forma completa el análisis ortográfico y la detección de la ruta correcta a través de conceptos o nodos. Estamos trabajando en la incorporación de las relaciones siguiendo el método que se explicó.

Como trabajo futuro se pretende calcular el valor correspondiente a cada pregunta que formará parte de un examen y obtener una ponderación que aproxime el porcentaje de acierto del alumno y sirva al docente como parámetro orientador para calificar al alumno.

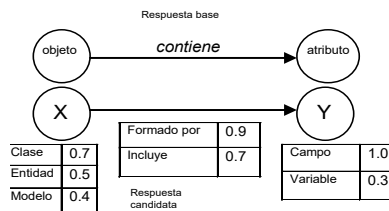


Figura 6. Relaciones y conceptos no-exactos

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J Glenn Brookshear, Teoría de la Computación, Addison Wesley, 1989.
- [2] Social networks sites adoption at firm level: a literatura review. J. Martins, R. Gonçalves, J. Pereira, T. Oliveira, M. Pérez Cota. Information Systems and technologies (CISTI), 2014 8th. Iberian conference.
- [3] Sowa, John F, "Semantic networks" en Encyclopedia of Cognitive Science, 2006.
- [4] Efficient Measurement of the User Experience. A Portuguese Version. M. Pérez Cota, J. Thomaschewski, M. Schrepp, R. Gonzalez. Procedia Computer Science 27, 491-498, 2014.
- [5] Sowa, John F. "Conceptual graph summary", en Conceptual Structures: Current Research and Practice. Ellis Horwood, New York London Toronto, 1992, pp. 3-66.
- [6] Decision Support System for the Agri-food Sector-The Sousacamp Group Case. F. Branco, R. Gonçalves, J. Martins, M. Pérez Cota. New Contributions in Information Systems and Technologies, 553-563, 2015.
- [7] Hopcroft, Motwani, Ullman. Teoría de autómatas, lenguajes y computación. Pearson, Addison-Wesley, 2008.
- [8] Pavlidis, Theodosios, Structural pattern recognition. Vol. 2. New York: Springer-verlag, 1977.
- [9] Olmos, Ivan, Jesus A. Gonzalez, and Mauricio Osorio. "Inexact Graph Matching: A Case of Study", en FLAIRS Conference, 2006.
- [10] Iberia 2.0: A way to leverage Web 2.0 in Organizations. J. Martins, R. Gonçalves, J. Pereira, M. Pérez Cota. Information Systems and technologies (CISTI), 2011 7th. Iberian conference.
- [11] Buckley, Fred, and Frank Harary. Distance in graphs. Addison-Wesley Longman, 1990.

Algoritmo Discreto de Optimización Hierbas Invasivas para el Set Covering Problem

A Discrete Invasive Weed Optimization Algorithm For The Set Covering Problem

Broderick Crawford^{1,2,3}, Ricardo Soto^{1,4,5}, Ismael Fuenzalida Legüe¹ y Eduardo Olguín²

¹Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile

²Universidad San Sebastian, Chile

³Universidad Central de Chile, Chile

⁴Universidad Autónoma de Chile, Chile

⁵Universidad Científica del Sur, Perú

{broderick.crawford, ricardo.soto, ismael.fuenzalida.1}@pucv.cl

Resumen — El Set Covering Problem (SCP) es un problema clásico de análisis combinatorial. Este problema consiste en encontrar soluciones que cubran las necesidades al menor costo. Estos pueden ser servicios a ciudades, balanceo de cargas en las líneas de producción o selección de banco de datos. En este documento, se estudiará la resolución del SCP a través del Algoritmo de Optimización Hierbas Invasivas (IWO), en su versión binaria: Algoritmo Binario Hierbas Invasivas (BIWO).

IWO, busca imitar el comportamiento de las hierbas invasivas (reproducción y selección natural), a través de modelos matemáticos. Donde la mejor hierba tiene mayores chances de reproducirse.

Palabras Claves – Algoritmo de Optimización Hierbas Invasivas, Set Covering Problem, Metaheurística, Algoritmo Binario Hierbas Invasivas.

Abstract — The Set Covering Problem (SCP) is a classic problem of combinatorial analytic. This problem consists in to find solutions what cover the needs to lower cost. Those can be services to cities, load balancing in production lines or databanks selections. In this paper, we study the resolution of SCP, through Invasive Weed Optimization (IWO), in its binary version; Binary Invasive Weed Optimization (BIWO).

IWO, it is to imitate to Invasive Weed behavior (reproduction and selection natural), through mathematics formulations. Where the best weed has more chance of reproduction.

Keywords: Invasive Weed Optimization, Set Covering Problem, Metaheuristics, Binary Invasive Weed.

I. INTRODUCCIÓN

La informática en el proceso de satisfacer cada vez mayores aspectos de la vida del usuario, ayudándolo a tomar decisiones en su diario vivir o en la vida laboral. En este caso, las ciencias de la información se encuentran trabajando en encontrar soluciones a problemas complejos, como por ejemplo, la asignación de servicios a un menor costo. Existen métodos exactos para realizar estos cálculos, sin embargo existe un punto en el que éstas técnicas son sobrepasadas por el tamaño del

problema. En este punto las metaheurísticas toman un valor fundamental.

En este documento se busca expresar los resultados obtenidos con el algoritmo de optimización Hierbas Invasivas. Esta metaheurística fue propuesta en el año 2006 por A. Mehrabian y C. Lucas, está basada en el comportamiento de hierbas invasivas [1]. Los comportamientos que busca imitar son la robustez y la adaptabilidad al medio, además de la selección natural de ellas [1].

En el presente documento, el problema que se busca solucionar es el *Set Covering Problem* (SCP) el cual, es un problema NP-Completo [2] donde los datos de entrada tienen características similares. En general, este tipo de problemas buscan el conjunto de soluciones, que satisfacen las restricciones, al menor costo posible. El presente problema ha sido resuelto a través de las siguientes metaheurísticas: Binary Cat Swarm [2], Algoritmo *Firefly*[3] y Algoritmos Culturales [4], por nombrar algunas.

El presente se estructura como sigue: (1) se realiza una explicación detallada del problema que se busca resolver. Lo anterior, se realiza mediante el uso de su modelo matemático y aplicaciones que tiene en el mundo real. (2) Se procede a explicar el algoritmo de optimización Hierbas Invasivas tanto en su versión binaria como continua. (3) Se exponen los parámetros de configuración de la metaheurística (4) Resultados conseguidos a través de los experimentos. (5) Conclusiones

II. SET COVERING PROBLEM

El problema de asignación *Set Covering* consiste en un conjunto de valores que tienen una relación en común, y que mediante una función objetivo son capaces de maximizar o minimizar los costos de asignación. Este problema se encuentra bajo la categoría de NP-Completo [5]. En el caso de este problema en específico, se busca asignar variables al menor costo posible. Es decir, se busca cubrir todas las necesidades (filas) con el menor costo posible (columnas).

Como se explicó en el párrafo anterior, el problema puede ser representado a través de una matriz de asignación (MXN). Donde M representa las necesidades que deben ser cubiertas y N las variables de asignación. Esta matriz, está basada en una serie de restricciones que deben ser satisfechas para ser consideradas una “solución factible” [5].

El SCP tiene varias aplicaciones en la industria y en la vida real. Por ejemplo, ubicación de servicios de emergencia [6], balanceo de carga en las líneas de producción [7] o selección de archivos en bases de datos [8]. Esto demuestra que el problema puede ser aplicado en diferentes instancias de toma de decisiones. Lo anterior, puede ayudar a que una compañía tome decisiones de una forma más informada y que le aporten un valor tanto cualitativo como cuantitativo.

Con el fin de aterrizar la explicación del problema se hace menester explicar el modelo matemático del mismo. Lo anterior, se explicará de una mejor manera mediante el uso de fórmulas y notación matemática que ayudará a exponer de una forma más didáctica la complejidad del problema. Logrando de esta manera, un mayor entendimiento y comprensión del mismo.

A continuación, se expondrá el dominio; función objetivo y restricción del problema:

$$\text{Minimizar } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad j \in \{1,2,3 \dots \dots n\} \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1 \quad i \in \{1,2,3, \dots \dots, m\} \quad (2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad (3)$$

En consecuencia, (1) representa la función objetivo del problema. Dicha función permite conocer la calidad de la solución evaluada. Donde c_j representa el costo de la j -columna, y x_j es la variable de decisión, esta variable determina si se activa o no una columna. (2) representa la restricción de que al menos una fila debe ser cubierta por una columna. Donde a_{ij} es un elemento de la matriz $M \times N$ [4]. De forma final, (3) representa que los valores que puede tomar la variable de decisión están dados por 1 o 0, donde 1 representa que la columna se encuentra activa y 0 lo contrario [5].

III. INVASIVE WEED OPTIMIZATION

El algoritmo de optimización Hierbas Invasivas (IWO), se encuentra basado en cómo se comportan las hierbas invasivas a la hora de colonizar. Una hierba invasiva es un tipo de planta que crece sin que sea deseada por las personas. En general, el termino invasiva o no deseada, se usa en la agricultura; y se usa para las hierbas que son una amenaza para las plantas del cultivo. Para los valores del IWO, una hierba representa un punto en el espacio de búsqueda de soluciones y una semilla representa la exploración de otro punto en el espacio [9]

Se tiene D como dimensión del problema, P_{init} como el tamaño inicial de la colonia de hierbas, P_{max} como el tamaño máximo de la colonia donde $1 < P_{init} < P_{max}$ y W^p como un conjunto de hierbas, donde cada hierba representa un punto en

el espacio de búsqueda. Es importante destacar que, para realizar el cálculo del *fitness* de cada hierba se debe usar la función definida en el problema. La cual, es la siguiente $F: R^D \rightarrow R$ [9]

A partir de ello, se pueden destacar cuatro comportamientos principales:

Inicialización: Dada la generación G , se procede a crear una población de hierbas de tamaño P_{init} , la cual se encuentra generada de forma aleatoria y las hierbas W_i^p se encuentran distribuidas de manera uniforme ($W_i^p \sim (U(X_{min}, X_{max}))^D$). Donde X_{min} y X_{max} , se encuentran definidos de acuerdo al tipo de problema que se busca implementar. En el caso del SCP, dichos valores se encuentran determinados por 0 y 1 [9]

Reproducción: En cada iteración, cada hierba W_i^p de la población actual, se reproduce a partir de semillas. La cantidad de semillas de cada hierba W_i^p , se encuentra dada por S_{sum} , dicha variable depende de la calidad de la solución. De tal manera que, a mayor calidad mayor será la cantidad de semillas que ésta tiene para reproducirse [9]

$$S_{sum} = S_{min} + \left(\frac{F(W_i^p) - F_{worse}}{F_{best} - F_{worse}} \right) (S_{max} - S_{min}) \quad (4)$$

Donde el S_{max} y S_{min} , representan el número máximo y mínimo de semillas permitidos por hierba W_i^p . Todas las semillas S_{sum} son distribuidas en el espacio y cercanas a la hierba padre, es decir, a partir de ellas se crea un vecindario de soluciones.

Distribución Espacial: Tal como se explicó en la sección anterior, las semillas son distribuidas en el espacio de búsqueda y de esta manera, se logran generar nuevas soluciones buscando la mejor para el problema planteado. Para lograr lo anterior, se debe tener en consideración una forma de lograr la correcta distribución de las semillas siendo esta, la utilización de la distribución normal. Lo anterior, a través la siguiente fórmula [9].

$$S_j = W_i^p + N(0, \theta_G)^D \quad (1 \leq j \leq S_{sum}) \quad (5)$$

Donde θ_G representa la desviación estándar, la cual se procederá a calcular de la siguiente manera:

$$\theta_G = \theta_{final} + \frac{(N_{iter} - G)^{\theta_{mod}}}{(N_{iter})^{\theta_{mod}}} (\theta_{init}, \theta_{final}) \quad (6)$$

Donde, N_{iter} representa el número máximo de iteraciones y θ_{mod} representa el índice de modulación no lineal.

Exclusión Competitiva: En esta etapa, se procede a verificar que la cantidad de hierbas y semillas creadas por el algoritmo no superen el máximo permitido W_{max} . En el caso de que el valor máximo haya sido superado, se procede a realizar una poda de las hierbas con peor calidad. Lo anterior, con el fin de dejar las hierbas con mejores resultados y que ellas tengan las mejores oportunidades de reproducirse y encontrar la mejor solución al problema planteado [9].

A. Binary Invasive Weed Optimization

El Algoritmo Binario de Hierbas Invasivas (BIWO), es una variación del algoritmo principal. Siendo esta versión del algoritmo la que se utilizará para buscar las soluciones al SCP. Al ser una variación, cuenta con algunas modificaciones respecto al algoritmo principal, las cuales se proceden a detallar a continuación:

En vez de trabajar con un dominio Real R^D para las soluciones, la versión binaria de IWO trabaja con un dominio binario $B^D = \{0,1\}$. Por lo cual, la función objetivo también sufre cambios en su definición. A partir de lo descrito, la función objetivo queda de la siguiente manera $F: B^D \rightarrow R$ [9]

En la fase tres o de Distribución Espacial, la fórmula para la distribución de las semillas sufre los siguientes cambios:

$$S_j = N^+(0, \theta_G)^D \quad (1 \leq j \leq S_{sum}) \quad (7)$$

La nueva formulación propone que una semilla es la asignación de una hierba a la misma semilla; pero con un cambio de bit el cual, se determina a partir del cálculo de la desviación estándar y determinará qué tan cercana se encuentra la semilla de la hierba padre W_i^p . A su vez, se utiliza la parte positiva de la distribución normal. Lo cual, implicará que el número de bits que serán cambiados irá disminuyendo a medida que transcurren las iteraciones sobre las semillas y hierbas de la población [9]

Lo descrito en el párrafo anterior, se explica porque el algoritmo es sensible a los cambios que tenga el cálculo de la desviación estándar [9] lo cual, explica la sensibilidad de la mutación del algoritmo. Es importante destacar que, la forma en la que mutan las soluciones es parecida a la forma en la que realizan las mutaciones los algoritmos genéticos de optimización.

```

Algorithm 1 Binary Invasive Weed Optimization
1: Generar la población inicial de hierbas  $W^P$  de forma aleatoria (Stage-I)
2: for  $iter \ni 1..MaxIter$  do
3:   Calcular el mejor fitness y el peor fitness de la población actual
4:   for  $w_i \ni W^P$  do
5:     Determinar el número de semillas a generar para la hierba  $w_i$ . Lo anterior, a partir del fitness (Stage-II)
6:      $NuevaHierba =$  Algoritmo de generación de vecindario (Stage-III)
7:     Añadir  $NuevaHierba$  a la población  $W^P$ 
8:   end for
9: end for
10: if  $W^P.Dim > W^P.DimMax$  then
11:   Eliminar las hierbas con el peor fitness (Stage-IV)
12:   Ordenar la población de acuerdo al fitness. En este caso, de menor a mayor.
13: end if
    
```

Figure 1. Algoritmo Principal BIWO.

```

Algorithm 2 Algoritmo de generación de vecindario
Require: Hierba  $W^p$  y  $\theta_G$ 
1:  $Ncambia_{bits} = N^+(0, \theta_G)$ 
2:  $Probabilidad_{cambio} = \frac{Ncambia_{bits}}{DimensionProblema}$ 
3:  $Semilla =$  Hierba  $W^p$ 
4: for  $d \ni 1..D$  do
5:    $Num_{aleatorio} = U(0,1)$ 
6:   if  $Num_{aleatorio} \leq Probabilidad_{cambio}$  then
7:      $Semilla_d = \neg Semilla_d$ 
8:   end if
9: end for
10: return  $Semilla$ 
    
```

Figure 2. Algoritmo de mutación BIWO

IV. PARÁMETROS DE CONFIGURACIÓN

La metaheurística descrita en el presente, cuenta con una serie de parámetros que son necesarios para configurar el funcionamiento de ésta. A su vez, estos parámetros definen el comportamiento que tendrá la ya mencionada, estos parámetros pueden determinar la cantidad de iteraciones, generaciones o la forma en la que las soluciones van mutando a través de las ejecuciones de ella. Es importante mencionar que los parámetros obtenidos y utilizados en la ejecución están basados en el ensayo y error de múltiples experimentos realizados durante la investigación.

A continuación se exponen los parámetros utilizados para la ejecución de la metaheurística.

- Número de generaciones= 30.
- Cantidad de iteraciones (N_{iter}) = 400.
- Cantidad inicial de hierbas (P_{init}) = 100.
- Cantidad máxima de hierbas (P_{max})= 20.
- Cantidad mínima de hierbas (P_{min})= 20.
- θ_{init} = Dimensión del problema.
- θ_{final} = 1.
- θ_{mod} = 3.

V. Resultados Obtenidos

En esta sección se encuentran los resultados obtenidos mediante la utilización de los parámetros definidos en la sección anterior. Lo mencionado, mediante la ejecución de cada una de las instancias que se detallan más abajo en el presente documento. Es necesario mencionar que BIWO fue ejecutada en un computador con las siguientes características:

- Sistema Operativo: Microsoft Windows 8.1.
- Memoria Ram: 6GB.
- CPU: Intel Core i5 2.60.

A su vez, y luego de detallar el ambiente de ejecución de cada una de las instancias, se hace necesario mencionar que las instancias utilizadas han pasado por un preproceso el cual, realiza la eliminación de columnas redundantes [10]. Además, la tabla de resultados se encuentra expuesta como sigue: Primero, la instancia del problema; Segundo, el óptimo conocido de cada instancia; Cuarto, el peor resultado obtenido; Quinto, el promedio de resultados obtenidos por instancia y sexto, el *Relative Percentage Deviation* (RPD) [11].

TABLE I. TABLA DE RESULTADO OBTENIDOS

Ins	Opt. Conocido	Mejor R.	Peor R.	Prom	RPD MIN
scp41	429	429	443	432,2	0%
scp42	512	512	535	519,57	0%
scp43	516	516	550	526,4	0%
scp44	494	494	530	503,07	0%
scp45	512	512	528	518,3	0%
scp46	560	560	574	563,5	0%
scp47	430	430	444	434,37	0%
scp48	492	492	505	496,57	0%
scp49	641	649	675	661,83	1,25%
scp51	253	253	275	259,1	0%
scp52	302	302	324	310,63	0%
scp53	226	226	231	228,93	0%
scp54	242	242	247	244,13	0%
scp55	211	211	219	215,63	0%

sep56	213	213	222	215,83	0%
sep57	293	293	303	295,56	0%
sep58	288	288	300	292,47	0%
sep59	279	279	289	281,13	0%
sep61	138	142	151	144,2	2,90%
sep62	146	146	159	150,56	0%
sep63	145	145	157	151,1	0%
sep64	131	131	135	132,96	0%
sep65	161	161	169	165,37	0%
sepa1	253	254	266	257,93	0,40%
sepa2	252	256	266	260,9	1,59%
sepa3	232	233	244	237,4	0,43%
sepa4	234	236	245	241,07	0,85%
sepa5	236	236	240	237,9	0%
sepb1	69	69	77	72,4	0%
sepb2	76	77	85	80,63	1,32%
sepb3	80	80	86	82	0%
sepb4	79	80	87	86,23	1,27%
sepb5	72	72	77	72,7	0%
sepe1	227	229	237	232,33	0,88%
sepe2	219	221	231	224,83	0,91%
sepe3	243	250	262	255,23	2,88%
sepe4	219	219	237	227,83	0%
sepe5	215	215	229	220,77	0%
sepd1	60	60	66	62,73	0%
sepd2	66	67	71	69,27	1,52%
sepd3	72	73	79	76,63	1,39%
sepd4	62	62	67	67,2	0%
sepd5	61	62	66	63,9	0%
sepnre1	29	29	31	28,67	0%
sepnre2	30	32	35	32,8	6,67%
sepnre3	27	28	31	29,8	3,70%
sepnre4	28	29	32	31,2	3,57%
sepnre5	28	29	31	29,6	3,57%
scpnrf1	14	14	16	15,43	0%
scpnrf2	15	16	18	16,37	6,67%
scpnrf3	14	16	17	16,53	14,29%
scpnrf4	14	15	17	16,73	7,14%
scpnrf5	13	14	16	14,93	7,69%
scpnrg1	176	183	193	187,87	3,98%
scpnrg2	154	159	168	163,83	3,25%
scpnrg3	166	173	183	178,6	4,22%
scpnrg4	168	175	192	179,83	4,17%
scpnrg5	168	174	187	180,53	3,57%
scpnrh1	63	67	503	87,73	6,35%
scpnrh2	63	67	84	72,43	6,35%
scpnrh3	59	66	77	69	11,86%
scpnrh4	58	64	72	67,17	10,34%
scpnrh5	55	59	71	63,2	7,27%

VI. CONCLUSIONES

El desafío de resolver problemas de optimización es un proceso complejo ya que, es necesario comprender el proceso y la inspiración de la técnica. En el caso de este documento la metaheurística se encuentra basada en el comportamiento de hierbas invasivas. Entonces, se debe comprender los aspectos generales de la técnica desarrollada. Estos aspectos corresponden a la reproducción, selección natural y distribución de las hierbas.

A partir estas características, se debe proceder a desarrollar los algoritmos para simular dichos comportamientos. Además de éstas características, se debe tener en cuenta el problema a resolver. En este caso el SCP, donde se busca realizar asignaciones de recursos al menor costo posible. Los servicios

a asignar podrían ser hospitales, instalación de servicios de emergencia o balanceo de cargas en las líneas de producción.

Luego de realizar las ejecuciones de cada una de las instancias del SCP, se puede concluir lo siguiente: Primero, se hace necesario realizar Ajustes de Parámetros por grupo de instancia, Segundo, se puede concluir que en algunas instancias se pierde un gran número de iteraciones sin realizar ningún cambio significativo en las soluciones de la población. Esto, impacta de forma directa en los tiempos de ejecución y en el rendimiento del algoritmo.

El segundo punto expuesto en el párrafo anterior, podría ser mejorado mediante la utilización de un método elitista que ayude a mejorar el rendimiento en la búsqueda de soluciones mejorando de esta manera los tiempos de ejecución. Debido a que los tiempos de ejecución de la presente metaheurística suelen ser extensos.

Sin embargo, como se presenta en la tabla de resultados se logró obtener buenos resultados mediante el uso de BIWO. Lo anterior, en base de que se lograron encontrar treinta y un valores óptimos sobre las sesenta y tres instancias probadas. Además, se debe destacar que existen instancias en las cuales el mejor resultado cuenta con una diferencia de uno o dos números con respecto al óptimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Ali Reza Mehrabian and Caro Lucas. A novel numerical optimization algorithm inspired from weed colonization. *Ecological informatics*, 1(4):355-366, 2006.
- [2] B. Crawford, R. Soto, N. Berrios, F. Johnson, and F. Paredes. Solving the set covering problem with binary cat swarm optimization, pp 41-48. Springer International Publishing, 2015.
- [3] Broderick Crawford, Ricardo Soto, Miguel Olivares-Suárez, and Fernando Paredes. A binary firefly algorithm for the set covering problem. In *Modern Trends and Techniques in Computer Science*, pages 65-73. Springer, 2014.
- [4] Thomas A Feo and Mauricio GC Resende. A probabilistic heuristic for a computationally difficult set covering problem. *Operations research letters*, 8(2):67-71, 1989.
- [5] Broderick Crawford, Ricardo Soto, and Eric Monfroy. Cultural algorithms for the set covering problem. In *Advances in Swarm Intelligence*, pages 27-34. Springer, 2013.
- [6] C. Toregas, R. Swain, C. ReVelle, and L. Bergman. The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19(6):1363-1373, 1971.
- [7] M. E. Salveson. The assembly line balancing problem. *Journal of Industrial Engineering*, 6:18-25, 1955
- [8] R. H. Day. Letter to the editor: optimal extracting from a multiple file data storage system: An application of integer programming. *Operations Research*, 13(3):482-494, 1965
- [9] Christian Veenhuis. Binary invasive weed optimization. In *Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC)*, 2010 Second World Congress on, pages 449-454. IEEE, 2010
- [10] Yaqun Xu, Gary Kochenberger, and Haibo Wang. Pre-processing method with surrogate constraint algorithm for the set covering problem.
- [11] Broderick Crawford, Ricardo Soto, Rodrigo Cuesta, and Fernando Paredes. Application of the artificial bee colony algorithm for solving the set covering problem. *The Scientific World Journal*, 2014, 2014.

Automatización del análisis y evaluación de factores de riesgo laboral acumulado en el sector florícola

Automating the analysis and evaluation of occupational risk factors accumulated in the flower industry

Verónica Tapia, Richard Pérez

Universidad Técnica de Cotopaxi
Carrera de Ingeniería en Sistemas e Informática,
Departamento de Salud Ocupacional
Latacunga, Ecuador
veronica.tapia@utc.edu.ec, richard.perez@utc.edu.ec

Alexander Pérez

Universidad Central del Ecuador
Escuela de Medicina
Quito, Ecuador
rickp_992@hotmail.com

Resumen — Una de las responsabilidades más grandes que tiene el médico de empresa es recomendar de manera especializada la distribución racional de los trabajadores y empleados según los puestos de trabajo en relación a la aptitud fisiológica del personal que se requiere. En el Ecuador, esta actividad todavía se la realiza de manera empírica, a través de la aplicación de la Historia Clínica Pre-ocupacional, en la cual se realiza un examen físico minucioso y se recaban los antecedentes patológicos laborales; ya que a pesar de tener una legislación que establece que se deben realizar exámenes de laboratorio para completar el estudio, estos no se realizan generalmente por falta de presupuesto para costear los mismos por parte del empleador. La herramienta informática desarrollada ayuda al profesional médico de una empresa floricultora, en el análisis y evaluación de los factores de riesgo laboral acumulado, minimizando de esta manera, los errores que se pueden cometer en la asignación de un trabajador a una actividad laboral específica y la probabilidad de que por ese motivo, el trabajador desarrolle una enfermedad profesional; la implementación de la aplicación se realiza a través de algoritmos y cálculos matemático - clínicos de los elementos que inciden en la acumulación de riesgos laborales, basados en la opinión de expertos en salud ocupacional, debido a que no existe evidencia científica sobre procedimientos y herramientas técnicas que calculen el riesgo laboral acumulado. La validación realizada determinó que la herramienta es eficaz al tener una sensibilidad del 76,19% y una especificidad del 99,28%, además de una alta seguridad teniendo un valor predictivo positivo de 94,11% y un valor predictivo negativo de 96,50%.

Palabras Clave – salud ocupacional; riesgo laboral acumulado; sensibilidad; especificidad

Abstract — One of the biggest responsibilities of a company doctor is recommending of a specialized manner the rational distribution of workers and employees as jobs related to the physiological ability of the personnel required. In Ecuador, this activity is performed even

empirically, through the application of the Pre - Occupational Health Record, in which a thorough physical examination is performed and the pathologic labor history is collected; because despite having legislation setting to perform laboratory tests to complete the study, these are generally not held for lack of funds to pay them by the employer. The computer tool developed helps to the medical professional of floriculture companies in the analysis and evaluation of the accumulated occupational risk factors, thereby minimizing, errors that can occur in assigning a worker to a specific work activity and the probability that for that reason, the worker develops an occupational disease. The implementation of the application is done through algorithms and mathematical - clinical calculations of the elements that affecting in the accumulation of occupational hazards, based on the opinion of experts in occupational health, because there is no scientific evidence about procedures and technical tools to calculate the accumulative occupational risk. The validation performed determined that the tool is effective, because it has a sensibility of 76.19 % and a specificity of 99.28 % , and the tool has a high security having a positive predictive value of 94.11 % and a negative predictive value of 96,50%.

Keywords – occupational health; accumulated labor risk; sensibility; specificity.

I. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, la Seguridad y Salud en el Trabajo son políticas de prevención de riesgos laborales que apenas se están desarrollando desde hace pocos años en las empresas e instituciones tanto públicas como privadas, pese a contar con normativa vigente [1] [2], documentos que norman las políticas en esta materia, pero que por la falta de profesionales académicamente especializados en el área, no fue hasta inicios del año 2000 en que se comienzan a aplicar e implementar en las distintas entidades. Bajo este contexto, gran parte de los formatos, normas, procedimientos, entre otros, han sido

adoptados de países como España, Chile, Colombia y México, entre los más referenciados.

Es por esto que los Médicos Ocupacionales buscan permanentemente desarrollar herramientas propias que se adapten a la realidad del país y como proceso productivo empresarial para implementar en forma especializada uno de los componentes del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, esto es: 1) la documentación concerniente a la vigilancia de la salud de los trabajadores, y 2) todos los procesos de la vigilancia de la salud, poniendo especial énfasis en la gestión médico – administrativa y sobre todo en la selección del aspirante al trabajo.

En esta investigación, se presenta una herramienta creada para automatizar el análisis de variables sobre la acumulación de factores de riesgo laboral, el cual se constituye en el elemento fundamental de la Historia Clínica Pre-ocupacional, ya que analiza y evalúa el pasado laboral que un trabajador tuvo durante su vida productiva y la repercusión que este pasado, puede generar en el futuro, para realizar una actividad laboral específica. En la actualidad, este análisis es un proceso que se hace en las empresas en forma cotidiana, pero se lo hace en forma totalmente empírica, en donde prevalece la visión subjetiva del profesional médico, que en la mayoría de casos no es un especialista en Salud Ocupacional y por lo tanto, ocasionando errores en la determinación y asignación de puestos de trabajo para algunos trabajadores, causándoles daños a la salud y la consiguiente aparición de enfermedades profesionales, así como la disminución en la productividad de la empresa y las consecuentes pérdidas económicas. Además, es importante señalar, que la aparición de una enfermedad profesional en un trabajador, implica que la empresa realice todo un proceso de gestión integral en seguridad y salud ocupacional, esto es: 1) identificación, 2) evaluación, 3) análisis, y 4) control del riesgo; que, de no realizarse en forma adecuada y documentada, es objeto de sanciones administrativas y/o pecuniarias por parte de los organismos estatales de control de las condiciones de trabajo.

En el Ecuador no existen estudios sobre el análisis y evaluación de factores de riesgo laboral acumulado para la distribución racional de los trabajadores y empleados según los puestos de trabajo y las condiciones fisiológicas de aptitud necesarias. El examen médico pre-ocupacional, es un procedimiento normalizado que se compone del chequeo clínico, y que según la legislación pertinente [1] debe complementarse con exámenes de laboratorio, cuyo costo debe ser asumido por el patrono o empleador; esto, en la práctica no se realiza especialmente por la rotación laboral existente en el sector productivo floricultor, que impide que el empleador invierta en prevención de riesgos laborales. De esta manera, se queda como única herramienta de análisis de riesgo el chequeo clínico, que puede ser bastante limitado dependiendo del perfil profesional del médico que lo ejecute.

Con los antecedentes mencionados, el desarrollo de la herramienta informática que se presenta, pretende facilitar la identificación, análisis y evaluación de la acumulación de factores de riesgo laboral, en un aspirante a trabajador florícola; la motivación fundamental es que el profesional médico cuente con una herramienta automatizada que le asista en la toma de la

decisión clínica de la designación o no, de un trabajador a una actividad laboral específica.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación se planteó la necesidad de desarrollar una herramienta que permita automatizar el análisis y la valoración del riesgo laboral acumulado para la industria florícola. El proceso que se ejecutó, es el siguiente: 1) revisión bibliográfica de la normativa vigente en seguridad y salud ocupacional, específicamente en lo referente a la vigilancia de la salud de los trabajadores, y procedimientos de cálculo del riesgo laboral acumulado en las principales bases de datos médicas como Medline, Pubmed y ScienceDirect, 2) la priorización de los elementos más importantes que inciden en la acumulación de riesgos laborales y su incidencia en la ocurrencia de enfermedades profesionales, 3) la asignación de valores numéricos a los diferentes elementos priorizados, relacionado los datos matemáticos y la clínica ocupacional, para obtener una valoración cualitativa del riesgo laboral acumulado que permita tomar decisiones acerca de la aptitud del trabajador al puesto de trabajo, y 4) la implementación del primer prototipo de la herramienta, la misma que fue probada en pacientes de la empresa florícola “Naranja Roses”, ubicada en la provincia de Cotopaxi – Ecuador, durante el período Enero – 2014 / Diciembre - 2015.

a. Antecedentes

Revisada la información bibliográfica relacionada con la salud ocupacional y la medición de riesgos laborales, se concluye que no existe una herramienta que realice específicamente la medición del riesgo laboral acumulado, es más, es un proceso que aún no se realiza a nivel de los profesionales médicos de empresa, para la toma de decisiones de contratación de personal según las aptitudes fisiológicas que una actividad laboral específica requiere en un trabajador. Por esta razón, la herramienta que se implementó en la presente investigación, es un recurso tecnológico basado en la experiencia de médicos ocupacionales, los mismos que determinaron los procedimientos, indicadores de exposición, cálculos y escalas para el análisis y la valoración del riesgo laboral acumulado. Sustentados en lo que menciona [3] los indicadores de exposición son necesarios en la epidemiología médica para validar los resultados de los riesgos laborales asociados a esta exposición; lamentablemente esto es difícil de establecer, debido a la falta de mediciones de referencia en higiene industrial o bio-indicadores que reflejen exposiciones anteriores.

b. Desarrollo del prototipo

La herramienta se realizó de acuerdo al modelo de procesos Evolutivo de Prototipos, es un modelo de desarrollo de software que permite generar en cada iteración una versión más avanzada del sistema hasta llegar a la versión final, lista para producción; es apropiado para aquellos casos en los que es necesario comprobar la eficacia de las técnicas y algoritmos propuestos para una solución informática. El modelo tiene las siguientes etapas: 1) comunicación, 2) plan rápido, 3) modelado y diseño rápido, 4) construcción del prototipo y 5) despliegue, entrega y

retroalimentación. A continuación se detalla la ejecución de cada una de las etapas:

b.1. Comunicación

En la fase de comunicación se definen los objetivos del sistema y los requisitos básicos del mismo, es decir, aquellos que se deben implementar para obtener un prototipo de prueba que permita validar las funcionalidades clave del sistema y la satisfacción de las necesidades de los usuarios con la solución planteada.

- Objetivo del sistema:

Automatizar el análisis y evaluación del riesgo laboral acumulado para apoyar la toma de la decisión médico ocupacional acerca de la aptitud fisiológica de un trabajador para una actividad laboral específica, en el área de la floricultura.

- Análisis de requerimientos

La herramienta debe ser parte de una ficha médica informatizada, adaptada de la historia clínica única del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, cuyo contenido tiene que ser el siguiente: 1) Datos de filiación del paciente (información general), 2) Antecedentes médicos patológicos: gineco - obstétricos, personales, quirúrgicos y familiares, 3) Antecedentes médicos laborales, 4) Análisis y evaluación de riesgos laborales acumulados, 5) Actividad laboral vacante (puesto de trabajo requerido), 6) Hábitos, 7) Examen físico: Datos biométricos, revisión actual de aparatos y sistemas, 8) Declaración de veracidad de la información, 9) Observaciones adicionales, 10) Análisis (diagnóstico de aptitud del trabajador al puesto específico), 11) Plan, 12) Firma de responsabilidad del profesional médico y consentimiento informado del empleado.

A continuación se presenta todo el proceso de identificación, análisis y evaluación de riesgos laborales acumulados. El proceso representa una tesis definida por los profesionales de la salud que son parte del equipo de esta investigación, en base a su experiencia clínica laboral, tomando en cuenta factores relevantes que pueden incidir en la producción de una enfermedad ocupacional, tales como: antecedentes laborales (mínimo de los últimos tres empleos), gestión en seguridad y salud en cada empresa, ocurrencia de patologías laborales durante su permanencia en cada empresa, tiempo total de trabajo con exposición laboral, tiempo promedio de descanso inter-laboral y tiempo último de descanso pre-laboral (antes de ingresar a la empresa).

Para el análisis y evaluación de los factores de riesgo laboral acumulado, se toman en cuenta los parámetros que se detallan y conceptualizan en la (tabla 1).

TABLA I. ELEMENTOS QUE INCIDEN EN EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO LABORAL ACUMULADO

Ítem	Elemento	Siglas	Conceptualización de componentes
1	Antecedentes Patológicos Laborales	APL	Son los antecedentes laborales que el trabajador tuvo en los últimos tres empleos, recolectando los siguientes datos:

			<ul style="list-style-type: none"> Nombre de la empresa Actividad productiva Función desempeñada por el trabajador Motivo de salida Factores de riesgo laboral existentes en su puesto de trabajo Nivel de exposición subjetiva al riesgo laboral específico Tiempo aproximado de exposición al riesgo laboral específico Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo Patologías laborales ocurridas en el tiempo de exposición
2	Tiempo Total de Trabajo en la empresa	TTT	Es el tiempo en años y meses que el trabajador permaneció laborando en cada empresa o las de mayor impacto laboral
3	Tiempo de Descanso Inter-laboral	TDIL	Es el tiempo que el trabajador pasó sin trabajar entre la última y la antepenúltima empresa y entre la antepenúltima y tras-antepenúltima empresa por separado

Se inició con el análisis y valoración del primer ítem: los Antecedentes Patológicos Laborales, dando importancia a aquellos componentes que inciden de manera específica en la investigación, entre los que se encuentran: *Nivel de exposición subjetiva al factor de riesgo laboral específico* se le asignó una valoración cualitativa y cuantitativa; si el paciente manifiesta que no tuvo nivel de exposición se le da un valor de "0"; si considera que tuvo un nivel de exposición bajo el valor es "2"; si el nivel de exposición fue mediano el valor es "4"; y si tuvo mucha exposición el valor es "8"; es decir mientras mayor es la exposición subjetiva al factor de riesgo mayor es el valor asignado.

Al *Tiempo aproximado de exposición al factor de riesgo laboral específico*, se le asignó una valoración cualitativa y cuantitativa; si el tiempo de exposición al factor de riesgo fue menor a 3 meses el valor es "0"; si el tiempo de exposición fue de 4 a 12 meses el valor es de "2"; si el tiempo de exposición fue de 13 meses a 36 meses el valor es "4"; y si el tiempo de exposición fue mayor a 36 meses el valor es "8"; igualmente, mientras mayor es el tiempo de exposición al factor de riesgo mayor es el valor asignado.

A la *Gestión en seguridad y salud en el trabajo* se le asignó una valoración cualitativa y cuantitativa; si la empresa realizó una verdadera Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo, es decir cuenta con Médico de empresa y se le realizan exámenes de laboratorio a los trabajadores, y alguien se hace cargo de la Seguridad Industrial se le asigna un valor de "0"; si realizó una gestión parcial, es decir cumplió con uno o dos de los componentes antes mencionados se le asigna un valor de "4"; y si no realizó ningún tipo de gestión el valor es "8"; en este caso mientras mayor fue la gestión realizada por la empresa menor es el valor asignado.

A las *Patologías laborales ocurridas en el tiempo de exposición* se le asignó una valoración cualitativa y cuantitativa; si no presentó ningún tipo de patología ocupacional durante su permanencia en la empresa evaluada se le asigna un valor de “0”; si presentó una patología ocupacional, pero esta se recuperó en menos de 3 meses se le asigna un valor de “2”; si presentó una patología ocupacional, pero esta se recuperó en menos de 6 meses se le asigna un valor de “4”; y si presentó una patología ocupacional, pero esta se recuperó en más de 6 meses su valor es “8”; es decir mientras más tiempo de recuperación necesitó para resolver una patología ocupacional, mayor es el valor asignado.

Finalmente la sumatoria de todos los valores cuantitativos de estos componentes son promediados y el valor numérico obtenido da un valor cualitativo en el *Nivel probable de factor de riesgo laboral*; si el valor obtenido fue menor o igual a “3” el nivel probable de riesgo laboral existente es “Leve”; si el valor obtenido fue de “3,1 a 5,5” el nivel probable de riesgo laboral existente es “Moderado”; y si el valor obtenido es mayor “5,5” el nivel probable de riesgo laboral existente es “Alto”; es decir mientras mayor es la puntuación mayor es el nivel probable de riesgo laboral existente.

Para el análisis y evaluación de los *Factores de riesgo laboral acumulado*, motivo de esta investigación se propone sumar: el *Valor cuantitativo promedio del nivel probable de factor de riesgo laboral* de las 3 últimas empresas en las que el trabajador laboró; a otros elementos complementarios de relevancia, detallados en la (tabla 2).

TABLA II. OTROS ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS QUE INCIDEN EN EL ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO LABORAL ACUMULADO

Ítem	Elemento complementario	Siglas	Conceptualización de componentes
1	Tiempo de Último Descanso Pre - Laboral	TUDPL	Es el tiempo que el trabajador paso sin actividad laboral, antes de aspirar a ingresar a nuestra empresa. Consideramos el transcurso de este tiempo como fundamental para la remisión de cualquier patología laboral leve, moderada o grave preexistente.
2	Tiempo Total de Trabajo aproximado con Exposición Laboral	TTTEL	Es el tiempo total en años y meses que el trabajador ha laborado en los 3 últimos trabajos o los de mayor impacto laboral.
3	Tiempo Promedio de Descanso Inter-laboral	TPDIL	Es el tiempo promedio que el trabajador pasó sin trabajar entre la última y la antepenúltima empresa y entre la antepenúltima y tras-antepenúltima empresa

Al *Tiempo de último descanso pre-laboral*, que se lo considera como un parámetro individual por su importancia, se le asignó un valor cuantitativo acorde al tiempo en meses; si el trabajador tuvo descanso menor o igual a “3 meses” antes de aspirar a ingresar a la empresa el valor es “8”; si el descanso fue de “4 a 8 meses” el valor es “4”; si el descanso fue mayor a “6 meses” el valor es “0”; es decir mientras menor fue el

descanso pre – laboral mayor es la puntuación asignada. Al *Tiempo promedio de descanso inter - laboral*, asignándole un valor cuantitativo acorde al tiempo en meses; y al *Tiempo total de trabajo aproximado con exposición laboral*, asignándole un valor cuantitativo acorde al tiempo en meses. Finalmente, el resultado de la sumatoria de estos valores expresado en forma cuantitativa nos dará una valoración cualitativa basada en un análisis numérico y clínico de la acumulación de factores de riesgo laboral para cada tipo de factor de riesgo laboral (tabla 3), que le permitirá al analista (profesional médico) recomendar si ese trabajador con su nivel de factor de riesgo laboral acumulado, es apto, apto con restricciones específicas, o, no es apto para ocupar el puesto de trabajo requerido en la empresa, sin perjudicar la salud del trabajador y los intereses de la institución, minimizando los márgenes de error subjetivos.

TABLA III. NIVELES DE FACTORES DE RIESGO LABORAL ACUMULADO

Valor cuantitativo	Valor cualitativo
<= 22.84	LEVE
De 22.85 a 23.99	MODERADO
> 23.99	ALTO

b.2. Plan Rápido

En esta etapa se realiza la planificación de la primera iteración para desarrollar el prototipo, esto consiste en definir los requisitos básicos que se van a implementar, los recursos necesarios y el tiempo estimado para el desarrollo.

Es así como se establece que el requerimiento funcional básico de la aplicación es la valoración automática de la aptitud fisiológica de un trabajador para una actividad laboral específica. El tiempo de desarrollo estimado a través de la técnica de puntos de función [4] es de 180 horas horas/persona, repartidas de la siguiente manera: 50 horas en la fase de análisis, 38 horas en la fase de diseño, 66 horas en la fase de implementación y 26 horas en la fase de pruebas.

En cuanto al software utilizado, están las siguientes herramientas: 1) JAVA Standard Edition v.7. Lenguaje de programación orientado a objetos, 2) Entorno de Desarrollo Eclipse Luna, 3) Window Builder for Eclipse Luna, 4) JavaDB v. JDK 7. Distribución compatible de la base de datos de código abierto Apache Derby de Oracle, y 5) StarUml v. 5.0.2.1570. Plataforma Open Source UML para el diseño de los modelos del sistema.

b.3. Modelado

En esta fase se proponen diseños rápidos enfocados en aspectos esenciales de la aplicación y en otros que puedan ser validados por el usuario final, por ejemplo: las interfaces gráficas de usuario, el modelo de clases, diagramas de secuencia, arquitectura del sistema, entre otros.

b.4. Construcción del prototipo

Luego del diseño se inicia la implementación del prototipo de la herramienta de análisis y valoración del Riesgo Laboral

Acumulado (RLA). A continuación se detalla en la Figura 1, la estructura del prototipo creado.

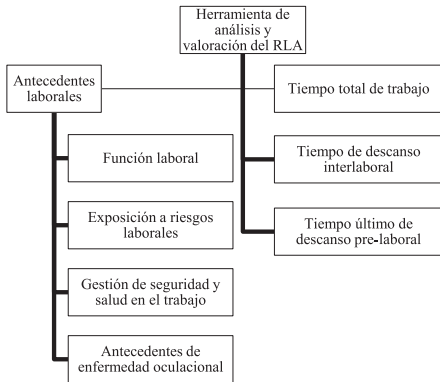


Figura 1. Estructura de la herramienta

En esta etapa también se realizan las pruebas necesarias para verificar cada una de las funcionalidades del sistema a nivel del equipo de desarrollo, se destacan: 1) pruebas unitarias que consisten en comprobar que el código fuente no contenga errores sintácticos ni lógicos, y 2) pruebas integrales para comprobar que cada módulo esté acoplado a los demás módulos del sistema.

b.5. Despliegue, entrega y retroalimentación

Una vez verificado el funcionamiento del sistema por parte del equipo del proyecto es necesario pasar a la fase de pruebas de usuario. Estas pruebas permiten que el sistema entre en funcionamiento con usuarios reales y en contextos específicos, en este caso la validación se realizó con pacientes y médico de la empresa florícola “Naranja Roses” de la provincia de Cotopaxi. El objetivo es detectar fallos no evidenciados por el equipo y corregirlos antes de continuar con la evolución de la aplicación en una segunda versión

c. Validación de la herramienta

La validación del primer prototipo de la herramienta, se realizó a través de su aplicación en 160 trabajadores mediante el estudio retrospectivo y la recopilación de datos de sus historias clínicas pre-ocupacionales, las cuales constan en el archivo del departamento médico de la empresa. La información recopilada corresponde a trabajadores hombres y mujeres de entre 20 y 45 años de edad, que no tenían problemas músculo-esqueléticos aparentes al examen físico, y el análisis subjetivo de sus antecedentes laborales no aportaba mayor novedad predictiva de los factores de riesgo laboral acumulado existente, durante el periodo de Enero – 2014 / Diciembre – 2015; siendo excluidos los trabajadores con enfermedades ocupacionales preexistentes.

Al catalogar esta herramienta como un recurso de diagnóstico preventivo se emplea los siguientes parámetros para la validación de su eficacia: 1) la sensibilidad (S), definida como la capacidad de la herramienta, que expresa el porcentaje de personas que desarrollarán la enfermedad detectada por la misma, 2) la especificidad (E), definida como la capacidad de la herramienta, que expresa el porcentaje de personas sanas que no desarrollarán la enfermedad, 3) el valor predictivo positivo (VPP), definido como la probabilidad de desarrollar la enfermedad si la prueba diagnóstica es positiva, y 4) el valor predictivo negativo (VPN), definido como la probabilidad de no desarrollar la enfermedad si la prueba diagnóstica es negativa.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los 160 casos descritos se obtuvieron los siguientes resultados: A 21 trabajadores contratados se extendió un certificado médico laboral indicando que eran aptos sin restricciones para el área requerida; sin embargo, estos trabajadores a los pocos meses de iniciar su actividad laboral, especialmente en procesos productivos que demandan una gran cantidad de movimientos repetitivos, posturas inadecuadas, levantamiento de cargas y exposición a químicos, presentaron patologías de origen laboral como: Dermatitis de contacto, Síndrome de túnel del Carpo, Síndrome de Quervain, Síndrome de manguito rotador, Tendinitis bicipital, Desórdenes lumbares inespecíficos, entre los más importantes. Aplicada la herramienta informática, recabando otros datos que no existen en la Historia Clínica Pre-ocupacional de la empresa; el análisis y valoración de factores de riesgo laboral acumulado indicó que: 1) de los 21 trabajadores, 16 (76,19%), tenían problemas de riesgo laboral acumulado al ingresar a la empresa, 2) de los 16, 6 (37,5%) tuvieron riesgo ergonómico alto, 9 (56,25%) tuvieron riesgo ergonómico moderado, y 1 (6,25%) tuvo riesgo químico alto.

Mediante los resultados descritos se ha logrado establecer que la herramienta tiene una sensibilidad del 76,19%, una especificidad del 99,28%, un valor predictivo positivo del 94,11% y un valor predictivo negativo del 96,50%, como se refiere en la Tabla IV. Esto determinaría que la herramienta es un recurso de diagnóstico preventivo, eficaz y seguro para el análisis y valoración del riesgo laboral acumulado.

TABLA IV. RESUMEN DE RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

Resultados de la aplicación de la herramienta	Desarrollo de la Enfermedad		
	Enfermedad Ocupacional	Sin Enfermedad	Total
Prueba Positiva	16	1	17
Prueba Negativa	5	138	143
Total	21	139	160
$S = \frac{16}{21} = 0,7619 = 76,19\%$			Ec. 1
$E = \frac{138}{139} = 0,9928 = 99,28\%$			Ec. 2

$$VPP = \frac{16}{16+1} = \frac{16}{17} * 100\% = 94,11\%$$

Ec. 3

$$VPN = \frac{138}{5+138} = \frac{138}{143} * 100\% = 96,50\%$$

Ec. 4

Si se hubiese contado con esta información técnica para recomendar la contratación, lo mínimo que se hubiese sugerido es que de los 16 trabajadores contratados, 15 eran aptos con restricciones para el puesto requerido y 1 no era apto para el puesto requerido. Estos datos importantes para Talento Humano, probablemente hubiesen determinado la no contratación del personal en mención, ya que en realidad desarrollaron una enfermedad ocupacional, con todas las consecuencias que estos casos determinan para su rehabilitación y reinserción laboral en un puesto diferente al que fueron contratados, el problema administrativo, además de los respectivos costos directos e indirectos que se generan para la empresa debido a la vigilancia y seguimiento por parte de los organismos de control laboral del Estado. Si bien es cierto que las enfermedades ocupacionales son multifactoriales en las que intervienen la actividad laboral, la susceptibilidad, la genética, la edad, el género, entre otros; no es menos cierto que contando con una herramienta informática de análisis y valoración de los factores de riesgo laboral acumulado que tome en cuenta los diferentes elementos laborales y personales, bajo un análisis matemático y clínico especializado, es posible reducir los errores en la determinación de la aptitud del aspirante a un puesto de trabajo específico, ya que la herramienta otorga una valoración cualitativa de apto, apto con restricciones y no apto para esa actividad laboral.

IV. CONCLUSIONES

El prototipo desarrollado cumple con el objetivo trazado al inicio de la investigación; sin embargo, es necesario aplicarla en otro tipo de industrias y a una población mayor que permita retroalimentar la evolución de la misma a una versión más completa y eficaz, que a futuro pueda ser aplicada en forma prospectiva.

La herramienta es un recurso que debe ser aplicado por el profesional médico para determinar la aptitud fisiológica de un trabajador a una actividad laboral específica; a través del análisis y valoración de los factores de riesgo laboral acumulado, se apoya al departamento de Talento Humano en la decisión de la contratación de un trabajador para un determinado puesto. La herramienta permite automatizar esta actividad, evitando un análisis subjetivo de los riesgos y salvaguardando la seguridad y salud del trabajador así como los intereses económicos de la empresa.

Los resultados de la validación permiten establecer que la herramienta es eficaz y segura al momento de determinar que cuando la prueba sea positiva, la probabilidad de que el aspirante pueda desarrollar una enfermedad ocupacional es alta; de igual forma, la probabilidad de que cuando la prueba sea negativa, le otorgue la confianza a la empresa de que el aspirante no desarrolle una enfermedad ocupacional, en el caso de ser contratado para una actividad laboral específica.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración prestada a las autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi y de la Universidad Central del Ecuador y a los ejecutivos y trabajadores de las empresas florícolas del Grupo Naranjo Roses S. A de Cotopaxi – Ecuador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-de-Seguridad-y-Salud-de-los-Trabajadores-y-Mejoramiento-del-Medio-Ambiente-de-Trabajo-Decreto-Ejecutivo-2393.pdf>
- [2] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Reglamento-para-el-Funcionamiento-de-Servicios-M%C3%A9dicos-Acuerto-Ministerial-1404.pdf>
- [3] M. Espinosa, T. Partanen, M. Piñeros, J. Chaves, P. Monge, L. Blanco, C. Wesseling, Determinación del historial de exposiciones en la epidemiología ocupacional. *Rev Panam Salud Publica*;18(3) 187-196, set. 2005.
- [4] R. Pressman, Ingeniería del software. Un enfoque Práctico, Séptima Edición, McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., México D.F. - México., 2010.
- [5] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/12/Instrumento-Andino-Decisi%C3%B3n-584-y-Reglamento-del-Instrumento-957.pdf>
- [6] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/Convenio-C155-Convenio-sobre-seguridad-y-salud-de-los-trabajadores-1981-num.pdf>
- [7] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/Convenio-C161-Convenio-sobre-los-servicios-de-salud-en-el-trabajo-1985-num.pdf>
- [8] Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/Convenio-C184-Convenio-sobre-la-seguridad-y-la-salud-en-la-agricultura-2001-num.pdf>
- [9] O. Betancourt, Manual Básico en Salud, Seguridad y Medio Ambiente de Trabajo, Universidad de la República, Uruguay, 2011, pp. 54-57
- [10] O. Betancourt, Texto para la Enseñanza e Investigación de la Seguridad y Salud en el Trabajo, Ed. OPS/OMS-FUNSAD, 1999, pp. 104-137
- [11] Guía para la Identificación de Peligros y la Valoración de Riesgos en Seguridad y Salud Ocupacional, INCOTEC Internacional, GTC 45, Colombia, 2010G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955.

Development and Validation of a Mobile Health App for the Self-management and Education of Cardiac Patients

Isabel de la Torre-Díez, Borja Martínez-Pérez, Miguel López-Coronado
Department of Signal Theory and Communications
University of Valladolid
Valladolid, Spain
e-mails: isator@tel.uva.es, borja.martinez@alumnos.uva.es,
miglop@tel.uva.es

Joel J. P. C. Rodrigues
Instituto de Telecomunicações,
University of Beira Interior, Portugal
University of Salamanca, Spain
e-mail: joeljr@ieee.org

Jon Arambarri
Virtualware Labs. Foundation
Bilbao, Spain
e-mail: jarambarri@virtualwaregroup.com

Abstract — The introduction of mobile devices such as smartphones and tablets in health care has propitiated the creation of a new software industry of health care apps that try to help fight against chronic diseases, specially heart diseases. Since there is a lack of apps for the self-management of these diseases, the authors created one, called Heartkeeper. The objective of this paper is to show the steps followed and the results obtained. The process of the creation of Heartkeeper is divided into three phases. The first is the design of the app, focusing on its functional requirements and its general aspect. The second is its implementation, where the operating system of the app is thought, along with the tools used for its development. The final phase is the validation, where Heartkeeper is tested in different mobile devices. The interface created offers a clear application easy to use at first time based on image buttons. The response times of Heartkeeper operations are of the order of milliseconds except for encryption/decryption operations, which can reach 2 seconds in old devices. Heartkeeper were successfully tested in 5 devices with different screen sizes.

Keywords-Android; evaluation; heart diseases; mobile health.

I. INTRODUCTION

Chronic diseases are an important part of this group, being cardiovascular diseases (CVDs) the deadliest diseases with 17.3 million individuals dead in 2008, which represent 30% of all deaths worldwide. Additionally, despite the advances in health care, these numbers are estimated to increase to more than 23 million individuals by 2030 [1-5].

Among the CVDs, heart conditions and heart diseases have an important weight in the burden of deceases. Especially fatal is coronary heart disease (or ischemic heart disease), responsible for 7.25 million deaths in 2008, which, in conjunction with other cardiac conditions, such as hypertensive heart disease and inflammatory heart disease,

contributes with a significantly high percentage to the global burden of deceases [5-6]. However, not only the deaths caused by a disease are important, but also the disabilities created. Only coronary heart disease caused a total of 62,587 million Disability-Adjusted Life Years (DALYs) in 2008, which give an idea of the huge number of DALYs that heart diseases provoke. These disabilities mean more hospitalizations and more medical interventions, which infer directly in the costs of the health care systems, not to mention the economy costs that the lost productivity of the affected causes [7-8].

The advent of information technology in health care and the incredibly expansion of the market of smartphones and tablets have created a new mobile health applications software industry. These new health apps are continuously increasing: there are more than 11,000 apps in the category of Health & Fitness and almost 5,000 in Medicine in Android's Google play; and almost 20,000 apps in Health & Fitness section and more than 14,000 in Medicine in Apple's App Store [9]. Focusing only on cardiology, 439 apps for iOS and 271 for Android were found in 2013 in a previous work [5].

Since heart diseases are so significant in the percentage of deaths and disabilities that non-communicable diseases cause, it is obvious that there are many health apps focusing on these diseases. Many of them are designed for patients' use, such as those for monitoring the heart rate in order to detect abnormal rhythms and warn the user [10], others for cardiac rehabilitation [11], some for resuscitation in case of heart infarction [12], and even those for auto-diagnosis [13], among other types. There are also apps for health care professionals, such as those that continuously monitor the patients [14], the ones that use mobile phones in order to assist the professional in their decisions [15], or even some that use smartphones for phonocardiography applications to evaluate the cardiovascular function [16], among others.

Summing up, there are many apps in cardiology developed for different objectives and, in general, they have been proved to influence positively on chronic diseases in general and heart diseases in particular [2,17]. However, the authors identified a lack of apps for self-management of heart diseases and conditions [5], deciding to create one with this purpose, being the aim of this paper to present this app called Heartkeeper, showing the outcomes of its design, its development and its validation and acceptance by the users.

II. MATERIALS AND METHODS

The global process of the creation of Heartkeeper can be divided into three phases. In the first phase, the authors discussed and obtained the design issues that the app must perform, such as the functional requirements and the general concept of the app. Once the design is concluded, the second phase, the implementation can start. This phase was developed in iterative processes until the app was refined. When the final version was obtained, the third phase, the validation, started.

A. Design

Before thinking about the design of the application to be developed, it was essential to make a research about the existing applications and systems in the cardiology field. This work was finished in July 2013 [5] and the most relevant results were the following: A total of 710 relevant apps were found in the most important commercial app stores (271 for Google play and 439 for App Store for iOS). The majority of the applications found were designed for general users (affected or not) and health care professionals, being the distribution quite similar: 300 apps for general users (116 in Google play and 184 in the App Store) and 282 for professionals (112 in Google play and 170 in the App Store). The most common apps are heart rate monitors, calculators and predictors, informative guides, apps for assisting the ECG interpretation, apps with news and blood pressure trackers. One of the results more striking to the authors were finding only one app for the heart condition management, and was only dedicated to individuals with heart failure risk, in order to know if this risk is low or high.

In light of these results, it was decided to create an app for self-management of heart diseases broadening the scope of these diseases, assessing the most common of them based on the experience of one of the authors, cardiologist for more than 25 years. These diseases are ischemic heart disease, valvular heart disease, hypertension, and auricular fibrillation. It was included other important aspects that can influence in the heart health such as the relations between heart and pregnancy, heart and physical activity, and heart and diabetes.

The app is divided into three sections:

- An informative section with medical information about the diseases that will help the patients to understand their disease, its symptoms and its treatment; and a patient guide in order to inform the users about best practices, prohibitions and life style they should adopt in order to improve their condition.

- A section to record the user's activities (good and bad for their conditions) and health measurements in order to act in consequence with them. Examples of these activities are rehabilitation, physical activity or excesses (in alcohol or food intakes, for example), whereas typical measurements are blood pressure, glucose or cholesterol.
- A section for registering the users' medications and the hours that they should have them, offering the possibility to establish alarms to warn them. These intakes should be registered in order to create a daily record stored in the calendar.

B. Implementation

Several operating systems were available for the implementation of the app: Apple iOS, Google Android, Microsoft Windows Phone OS, BlackBerry OS and Symbian. From them, Android was selected because it is the most extended worldwide [18], is open source and, hence, there are many tools and aid for the development of apps in this platform. Concretely, the tool used for the development of Heartkeeper was the Android Software Development Kit (SDK), which includes the Eclipse Integrated Development Environment (IDE) with built-in Android Development Tools (ADT).

Another important issue in the implementation phase was the security and privacy the app must offer, since the data used by the app (personal health data) is very sensitive. Hence, this issue was considered very carefully by the authors and they studied the current laws about security and privacy applied to mobile health apps in Europe and the United States in order to fulfil the requirements exposed there. Hence, at the first launch Heartkeeper shows a disclaimer and information about the app and the treatment of data it makes, along with an e-mail address for contacting the authors.

About the protection of the introduced data, it was decided to implement the data storage in the device itself rather than in a server or in the cloud. This implementation provides important advantages: the data will not circulate through Internet connections, avoiding external attacks typical of wireless links; since the storage is not in the cloud, illegitimate access to the data through Internet is also avoided; the only method to access the data is through the mobile device, so the only option for obtaining it is by stealing the device. In addition to these security motives, there is another more functional, which is the possibility of using the app always, even when there is not available any Internet connection, very useful for those devices with only Wi-Fi connection or for people who live in rural areas with no 3G coverage [9,19]. Additionally, the most sensitive data of the user was encrypted by a password-based algorithm that uses 256-bit SHA (Secure Hash Algorithm) techniques with random data input that adds more security, in order to make those data inaccessible in case of losing the device or if it is stolen. The authors were also especially careful with the implementation of the interface, as it has been proved that the interface design and its easiness of use is essential in order to attract potential users [9,20]. It has to be simple,

intuitive even at first use but also complete, which sometimes can be very difficult to achieve.

C. Validation

The validation phase was divided into 2 phases. The first was the testing phase, consisting in systematic and exhaustive procedures with Heartkeeper, executing all the operations permitted by the app in several devices with

Heartkeeper is a sufficiently rapid app independently of the device used.

III. RESULTS

A. Heartkeeper App

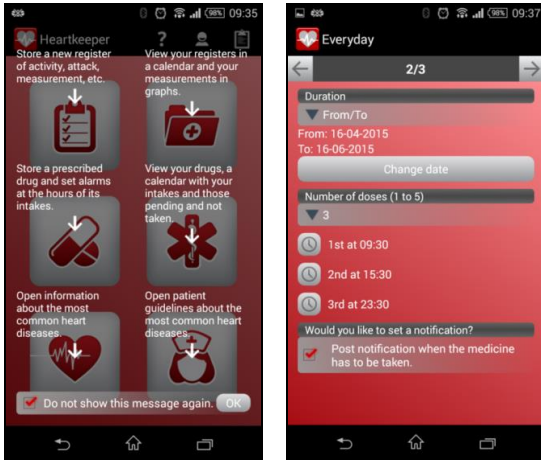
Heartkeeper has got a main page that shows several buttons that connects the different sections of the app. A screenshot of this page is shown in Figure 1a whereas Figure 1b shows a screenshot of the section for introducing a medication and its doses. Figure 1c and Figure 1d show screenshots of the calendar of activities and the graphs generated in this case for the registers of pulse, respectively.

B. Response Times

As mentioned, Heartkeeper has been tested in several ways. One of the tests performed was a measure of the response times of the application when executing different actions. This measure is important since the majority of apps users do not tolerate launch or waiting times of more than 2 seconds according to a survey from Compuware [20]. Hence, it is totally necessary that the app is launched in less than 2 seconds, and every section is reached almost immediately. Table 1 shows the measure of response times in nanoseconds (ns) when performing different actions. The measures indicated are the mean value of 10 measures for each action.

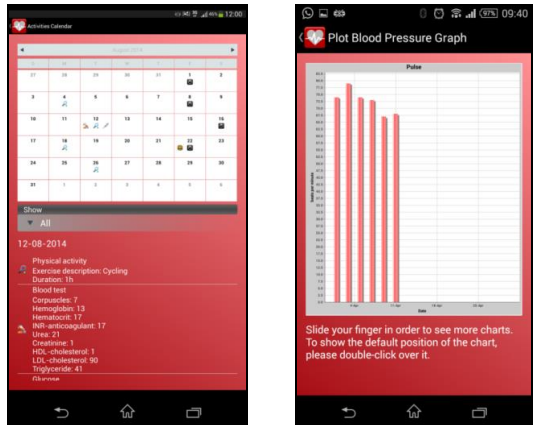
IV. CONCLUSION

In this paper the process of design, creation, implementation and testing of an app for the self-management of heart conditions have been explained. The essential steps an app developer should always do are the following. The first step was developing a market research to know the existing apps for cardiology in order to see possible opportunities or deficiencies that can be cover. This is probably the most important step for the creation of a successful app. After this, the following phase is thinking the type of the app, its functions and its design. Once the app is totally designed, the next step is its implementation, thinking thoroughly in which operating systems the app will be available (if not have been thought before in the design phase), since this decision is crucial for the success of the app. Finally, it is very important to test and validate the app in order to fix errors and wrong behavior in different devices to be sure that the final version released will be totally operative without errors.



(a) Main page of Heartkeeper

(b) Creation of a medication register



(c) Calendar activities

(d) Graph with the registers of pulse

Figure 1. Heartkeeper Appearance

different screen sizes. These devices are the following: Samsung Galaxy Mini GT-S6500 (3,5 inches), Samsung Galaxy S SCL GT-I9003 (4 inches), Sony Xperia Z (5 inches), Google Nexus 7 (7 inches) and Samsung Galaxy Tab 3 (10.1 inches). In this phase the response times of the most time-consuming operations of the app were also evaluated in all the mentioned devices in order to check that

TABLE I. MEAN TIMES (NS) OF A TOTAL OF 10 MEASUREMENTS OF SOME OPERATIONS WITH HEARTKEEPER

	Samsung GT-S6500	Sony Xperia Z	Samsung Galaxy Tab 3
Launch	211.826.000,24	110.205.078,20	56.673.023,80
Encryption	2.200.953.999,60	788.012.696,50	728.293.863,35
Decryption	2.319.032.666,40	708.050.537,40	650.942.188,80
Activity DB writing	49.139.777,80	100.712.367,34	72.071391,29
Activity DB reading	25.261.667,00	44.937.134,50	6.549.713,25
Medicines DB reading with 9 registers	15.697.500,95	14.175.415,20	10.826.702,42
Blood test graph drawing with 11 registers	122.416.667,26	258.453.369,65	59.414.637,15

It is also recommended to make an evaluation of the app by a sample group of users in order to obtain their feedback and be able to improve it before the release of the app.

Particularizing to the case of Heartkeeper, the authors were especially careful with the appearance of the app, as it can be observed in the screenshots of Figure 1. This is important since users are fond of beautiful, intuitive and simple interfaces. Focusing on the response times of Heartkeeper, it is shown in Table 1 that the launch of the app takes about 2 milliseconds in the worst case (the oldest mobile device), much less than the 2 seconds indicated previously. The operation with more time-consumption is the encryption/decryption of the personal data of the user, obtaining 2.2 and 2.3 seconds respectively with the oldest device, being less than 1 second in newer devices. For future work there are several opened lines. It can be possible to improve Heartkeeper using the results of the evaluation by the users, for example making the interface more intuitive, which was the aspect that obtained the worst evaluation, as mentioned. These improvements can be implemented uploading an update of the app. Moreover, we can incorporate different serious games in the app for obtain more interactive with the users.

ACKNOWLEDGMENTS

This research has been partially supported by Ministerio de Economía y Competitividad, Spain, by the *Instituto de Telecomunicações*, Next Generation Networks and Applications Group (NetGNA), Portugal, and by National Funding from the FCT - *Fundação para a Ciência e a Tecnologia* through the UID/EEA/500008/2013 Project.

REFERENCES

[1] World Health Organization. Global status report on noncommunicable diseases 2010. World Health Organization, 2011. [Online] Available from: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789240686458_eng.pdf

[2] A. Beratarrechea, A.G. Lee, J.M. Willner, et al, "The impact of mobile health interventions on chronic disease outcomes in developing countries: a systematic review". *Telemedicine and E-health Journal*, vol. 20, n°. 1, pp. 75-82, 2012, doi: 10.1089/tmj.2012.0328.

[3] A. Tsalatsanis, E. Gil-Herrera, A. Yalcin, et al, "Designing Patient-Centric Applications for Chronic Disease Management" Conference Proceedings IEEE Engineering Medicine and Biology Society 2011, pp. 3146-3149, doi: 10.1109/IEMBS.2011.6090858.

[4] B. Martínez-Pérez, I. de la Torre-Díez, M. López-Coronado, et al, "Comparison of Mobile Apps for the Leading Causes of Death among Different Income Zones: A Review of the Literature and App Stores," *Journal of Medical Internet Research Mhealth and Uhealth*, vol. 2, 2014, doi: 10.2196/mhealth.2779.

[5] B. Martínez-Pérez, I. de la Torre-Díez, M. López-Coronado, et al, "Mobile Apps in Cardiology: Review," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 15, 2013, doi: 10.2196/mhealth.2737.

[6] World Health Organization. Cardiovascular diseases (CVDs) Fact sheet N°317, 2013. [Online] Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en>

[7] World Health Organization. Global atlas on cardiovascular disease prevention and control. World Health Organization, 2011. [Online] Available from: http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241564373_eng.pdf

[8] The Heart Foundation. Heart Disease: Scope and Impact. The Heart Foundation, 2014. [Online] Available from: <http://www.theheartfoundation.org/heart-disease-facts/heart-disease-statistics>

[9] B. Martínez-Pérez, I. de la Torre-Díez, M. López-Coronado, et al, "Mobile Clinical Decision Support Systems and Applications: A Literature and Commercial Review," *Journal of Medical Systems*, vol. 38, 2014, doi: 10.1007/s10916-013-0004-y.

[10] D.D. McManus, J. Lee, O. Maitas, et al, "A novel application for the detection of an irregular pulse using an iPhone 4S in patients with atrial fibrillation," *Heart Rhythm*, vol. 10, pp. 315-319, 2013, doi: 10.1016/j.hrthm.2012.12.001.

[11] J. Jarowek and P. Augustyniak, "A cardiac telerehabilitation application for mobile devices," *Computing in Cardiology*, vol. 38, pp. 241-244, 2011.

[12] T.K. Chan, K.A. Wan, J.C.K. Chan, et al, "New era of CPR: application of i-technology in resuscitation," *Hong Kong Journal Emerg Me* vol. 19, pp. 3015-311, 2012.

[13] Y. Yu, J. Li, and J. Liu, "M-HELP: a miniaturized total health examination system launched on a mobile phone platform," *Telemedicine and eHealth Journal*, vol. 19, 2013, doi: 10.1089/tmj.2013.0031.

[14] A. Müller, A. Goette, C. Perings, et al, "Potential role of telemedical service centers in managing remote monitoring data transmitted daily by cardiac implantable electronic devices: results of the early detection of cardiovascular events in device patients with heart failure (detecT-Pilot) study," *Telemedicine and eHealth Journal*, vol. 19, 2013, doi: 10.1089/tmj.2012.0154.

[15] M. Bilgi, B. Güllalp, T. Erol, et al, "Interpretation of electrocardiogram images sent through the mobile phone multimedia messaging service," *Telemedicine and eHealth Journal*, vol. 18, 2012, doi: 10.1089/tmj.2011.0108.

[16] A. Sa-Ngasongsong, J. Kunthong, V. Sarangan, et al, "A low-cost, portable, high-throughput wireless sensor system for phonocardiography applications," *Sensors (Basel)*, vol. 12, 2012, doi: 10.3390/s120810851.

- [17] N.E. Brown-Connolly, J.B. Concha and J. English, "Mobile health is worth it! Economic benefit and impact on health of a population-based mobile screening program in new Mexico," *Telemedicine and eHealth Journal*, vol. 20, 2014, doi: 10.1089/tmj.2013.0080.
- [18] R. van der Meulen and J. Rivera, "Gartner Says Smartphone Sales Accounted for 55 Percent of Overall Mobile Phone Sales in Third Quarter of 2013," Gartner, 2013. [Online] Available from: <http://www.gartner.com/newsroom/id/2623415>
- [19] B. Martínez-Pérez, I. de la Torre-Díez and M. López-Coronado, "Mobile Health Applications for the Most Prevalent Conditions by the World Health Organization: Review and Analysis," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 15, 2013, doi:10.2196/jmir.2600.
- [20] Compuware. Mobile Apps: What Consumers Really Need and Want. Compuware, 2013. [Online] Available from: http://offers2.compuware.com/rs/compuware/images/Mobile_App_Survey_Report.pdf

Health Apps in Different Mobile Platforms: A Review in Commercial Stores

Isabel de la Torre-Díez, Miguel López-Coronado,
Beatriz Sainz de Abajo
Department of Signal Theory and Communications, and
Telematics Engineering
University of Valladolid
Valladolid, Spain
isator@tel.uva.es, miglop@tel.uva.es, beasai@tel.uva.es

Joel J. P. C. Rodrigues
Instituto de Telecomunicações,
University of Beira Interior, Portugal
Univ. of Fortaleza (UNIFOR), CE, Brazil
joeljr@ieee.org

Jon Arambarri
Virtualware Labs. Foundation
Bilbao, Spain
jarambarri@virtualwaregroup.com

Abstract — Nowadays, there is a great opportunity for mobile Health using different devices and platforms. A significant number of Health applications have been already developed for those platforms. According to WHO's latest update (2004) of the Global Burden of Disease, between the most prevalent conditions are iron-deficiency anemia, hearing loss, migraine, low vision, asthma, diabetes mellitus, and others. In this paper, a review of mobile apps available for different conditions and prevalent diseases will be shown. The search focuses on commercial applications in platforms such as Google Play by Android, iTunes App Store by Apple, etc. from July to September 2015. A total of 2840 applications have been found valid in different mobile platforms. Diabetes is the disease with the greatest number of apps, mainly in Google Play.

Keywords-Android; apps; iOS; mobile health;platforms.

I. INTRODUCTION

The emergence of e-Health has led to the emergence of a market for mobile applications of health (mHealth). The market for mobile applications is being developed in different phases. Nowadays, the actors have gotten out of the initial testing phase and into the marketing stage on the market. This phase can be characterized by a massive increase of offered solutions, creating new business models, and the concentration of people interested in health, as patients and corporations as large groups target [1-3].

Currently, there are almost 100,000 apps telemedicine applications in several catalogs. Most of these are treated support tools that facilitate individual members follow certain health parameters, besides providing varied health information [1-2].

The number of applications is increasing day by day due to provision of programmers the tools and APIs necessary to enable almost any imaginable application. In addition, so-called 'app stores' both make it easy for programmers to make your product visible, and customers searching for related applications.

According to World Health Organization (WHO), in the period from 2000 to 2012, deaths in the world are estimated nearly 30 million [3-5]. Top ten causes part of this study are the following: Ischemic heart disease Heart (12.8% of

deaths), cerebrovascular disease (10.8%), infections of the lower respiratory tract (6.1%), COPD (5, 8%), diarrheal diseases (4.3%), HIV (3.1%), cancer of the trachea, bronchus and lung (2.4%), tuberculosis (2.4%), diabetes (2.2%) and traffic accidents (2.1%).

It also discusses the Global Burden of Disease GBD [4], which shows the conditions that generate the greatest number of new cases of sick people in the world and the most prevalent diseases for 2004.

The most prevalent diseases have in mind those diseases whose symptoms do not occur continuously. The top 10 reasons why millions of people affected are studied: anemia (1159 million), hearing loss (636.5 million), migraines (324.1 million), loss of vision (272.4 million), malnutrition (238, 9 million), asthma (234.9 million), diabetes (220.5 million), osteoarthritis (151.4 million), unipolar depressive disorders (151.2 million), strong intestinal infections (150.9 million) and related disorders the use of alcohol (125 million).

The main objective of this paper is to show the number of mobile apps available for each of the diseases and conditions mentioned, detecting the strong and weak points of each section also generating a starting point to work on the development of new products.

In the methods section how to proceed with the search for applications is discussed, presenting both shops where to look, the selection criteria and the presentation of the data. After, the results are shown and last section indicates the main conclusion of this research work.

II. METHODS

The search focuses on commercial applications ready for the general public in the various app stores, the most important platforms [6, 7] that are - in descending order of market share - Google Play by Android [8], iTunes App Store by Apple [9], Windows phone Apps + games by Microsoft [10], BlackBerry World by BlackBerry [11] and Ovi Store by Nokia [12]. The search dates from July to September 2015.

There are several guidelines to follow when discriminating between the results of searches conducted. Those apps that are not available in English or Castilian are discarded. Furthermore, only accepted as valid Apps framed in 'medicine' and 'health and welfare' ('health and fitness'). Exceptions are as locators Alzheimer's patients or depressive disorders related apps that allow users to interact with other mode 'social network'. For inclusion of apps in the lists of applications in those searches where the outcomes are high, it chooses to include a varied sample of the available options; taking into account the number of downloads and reviews by users. When results are minimal you choose to include all available apps as well as those that have at least relative to the keyword used.

Firstly, we have chosen the keyword related to the disease or related illness and has conducted the search. Failure to obtain results leads to vary those keywords. If so, each application is analyzed individually to see if you qualify or portion thereof is to list sickness and platform.

We have some considerations such as that the ischemic heart disease is sought within a keyword that encompasses a specialty such as cardiology. Traffic accidents and disorders linked to alcohol breathalyzers only show that estimate blood alcohol; to have low reliability is not listed.

III. RESULTS

A. General Analysis

The search for commercial applications conducted for a total of 26 diseases shows that 2840 applications have been found valid in different mobile platforms.

Play this the most results (1254 apps) followed closely by iTunes (1251 apps). The value is anecdotal; the mobile applications market is very dynamic and is constantly growing and evolving, so it is likely that in terms of volume of medical applications are concerned, the first position can be rotated periodically. However, other platforms do not have such positive data. BlackBerry Word is placed as the third platform with 158 discrete applications, a step above Apps + games with 136 apps. Remains forgotten Ovi Store with just forty-related applications. In percentage terms, as shown in Figure 1, android and iOS get a share of 44.20% and 44.09% respectively, evident existing equality. The remaining 11% is divided almost equally between BlackBerry OS and Windows Phone. Symbian has a token presence with 1% of the total. This equality between iOS and android is evident to see that in 12 of the 22 sections with some application is android platform with a larger number of results, while iOS is in 9 of the remaining 10.

By diseases, can be seen in Figure 2 that whoever builds a greater number of related applications is Diabetes with almost 1000, representing almost 35% of the total (34.50%). The second place is known as cardiology section, with 520 applications found and 18,33% of the total. Well below the rest are located; divided into three blocks for many apps. Alzheimer (135 apps and 4.75% of total), HIV (123 apps and 4.33%), asthma (120 apps and 4.23%), trachea, bronchus and lung (116 apps cancer and 4.08%) and cerebrovascular disease (apps 101 and 3.56%) form the first block.

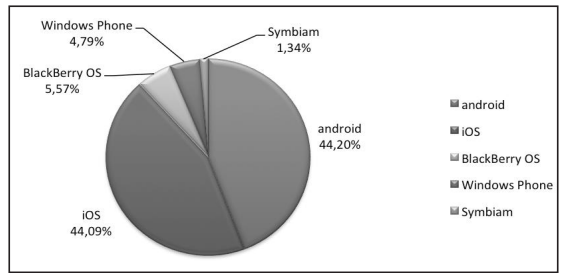


Figure 1. Market percentage by platform

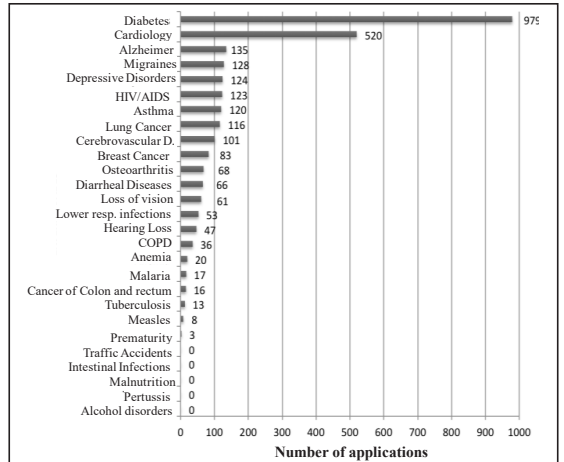


Figure 2. Number of applications for disease

A second group is made up of breast cancer (83 apps and 2.92%), osteoarthritis (68 apps and 2.4%), diarrheal diseases (66 applications and 2.32%), loss of vision (61 apps and 2.32%), infections of the lower respiratory tract (53 app and 1.86%), hearing loss (47 apps and 1.65%) and COPD (36 apps and 1.27%).

The third group includes sections with few or no app available, such as anemia (20 apps and 0.7%), malaria (17 apps and 0.59%), colon cancer and RCTO (16 apps and 0.56%), tuberculosis (13 apps and 0.46%), measles (8 apps and 0.28%), preterm delivery (3 apps and 0.1%), and traffic accidents, intestinal infections, malnutrition, whooping cough and disorders alcohol derivatives that do not add any application.

The ailments of measles (62.5% of total), tuberculosis (61.5%) and anemia (55%) are the sections where there is a higher percentage of android applications. Colon and rectum (56.25%), chronic obstructive pulmonary disease (50%) and cardiology (48.5%) are the respective iOS.

B. Specific Analysis

For each disease or illness, have created some listings like 20 or 22 maximum- applications where certain basic features compare to any application both to my doctors, divided app store (play, iTunes, World, and Ovi Apps + Games).

Table I shows some of the features included. The name, note or price is some of the properties that the user appreciates when you search in various app stores. Also add others to help distinguish between different apps of a medical nature: Application class, users are also added or if you need internet for management.

In sections with fewer than 20 applications have included all the apps in this list, those with a high volume of these, we have included a composite sample.

The first is related to the scores of the applications. There is great heterogeneity among apps, even within the same ailment. The best known and unloaded have hundreds or even thousands of votes, while others have a pair of scores, or even none. The average score of all apps of all ailments is 1.91 points out of 5; if only taken into account the apps punctuated by users, the valuation rises to 3.8 out of 5. In this case, all categories obtienen scores between 3 and 5 points, with anemia (4.33 points), tuberculosis (4.21 points), breast cancer (4.19 points) and diabetes (3.99 points) the most valued.

Given that an application can and does have several target users, can be seen in Figure 3 as almost half of the applications (44.87%) are intended to be used by anyone, are general in nature.

Followers patients with 27% of apps, and 15% specialists. Students, family and / or parents and children focus only 8%, 3% and 1% respectively.

Finally, the feature that will likely make an application succeeds or not between the vast majority of users: the price. Those interested by a particular app not hesitate to pay regardless -relatively- price, but those users looking for a app with certain features and functionality, comparing among the available options and unless paid versions offer additional feature, choose the free version or a lower price. Figure 4 shows the percentage of free apps from the list of applications studied. On average, 56.9% of the applications are free.

Averaging the cost of all applications, both free and paid, an average price presented in Figure 5 is obtained. The prices are from 0.01€ to 2€. That is, the cost associated with the purchase of an application is not very high.

IV. CONCLUSION

After completing this review, a clear imbalance between different sections or diseases appreciated. Comparing the number of apps available on each store, it is clear that application developers prefer Android and iOS for their apps, followed distantly by Windows Phone. This imbalance is not caused by the number of applications listed in each of paragraphs -being in fact more obvious, but by the fact that some ailments are all kinds of (educational, informational,

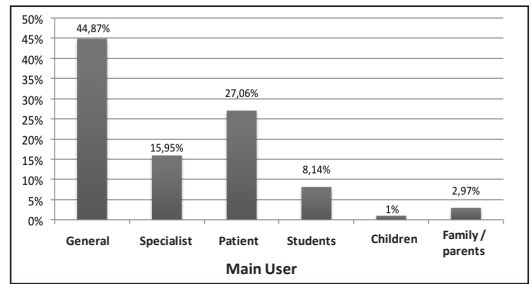


Figure 3. User objective of apps

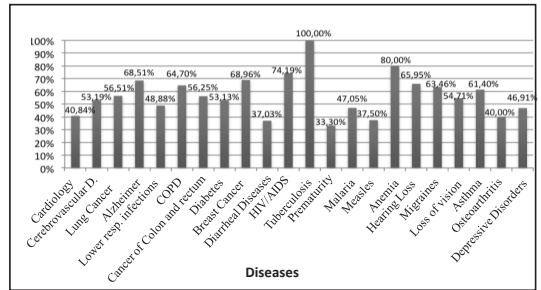


Figure 4. Percentage of free apps as a function of the disease

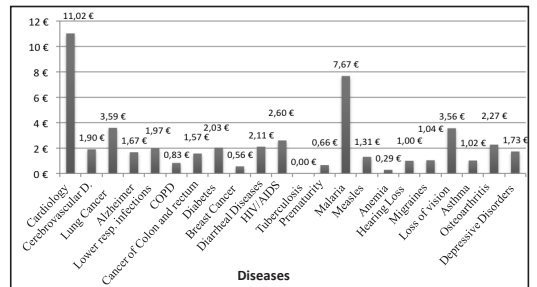


Figure 5. Average Price of application by disease

treatment) applications while in other not only are there so many different kinds; but the apps listed do not study directly ailment or disease. Table I shows that Internet is not required or only required for some functions such as sending emails, which is useful for circumstances or situations where an Internet connection is not available for example in some rural areas. Knowing already existing strengths and in different sections of diseases as well as the applications themselves weaknesses, future work must be aimed at alleviating these problems by creating new apps where a clear lack of them there, and improvement some aspects of existing, as contact with specialists. Moreover, the apps developers need to be careful when designing the interface and its use.

TABLE I. FEATURES OF DIFFERENT APPS (IN ANDROID)

Name	Mark	Type	Internet	Users	Price
Prognosis: Cardiology	4.8	Education	Yes	Students General	Free
HearRunastic Heart Ratet	4.6	Monitoring	Yes	General	Free
Beat Rate	4.4	Monitoring	No	General	Free
Cardiac Mobile ECG	4.6	Monitoring	No	Specialists Patients	Free
Epi mHealth Lite	4.7	Monitoring	No	Patients	Free
Sense View Sensor	4.9	Monitoring	No	Specialists Patients	Free
Cardiograph	4	Monitoring	No	General	Free
Cardio 3 Echo	4.2	Diagnosis	Yes	Specialists Students	29.99€
ECG Pocketcards	4	Diagnosis /Education	No	Specialists Students	3.81€
ACCC Pocket GUudes	4.1	Diagnosis/ Education	No	Specialists Students	Free
Heard Sounds	4	Education	No	Specialists Students	2.26€

ACKNOWLEDGMENTS

This work has been partially supported by the *Instituto de Telecomunicações*, Next Generation Networks and Applications Group (NetGNA), Portugal, and by National Funding from the FCT - *Fundação para a Ciência e a Tecnologia* through the UID/EEA/500008/2013 Project.

REFERENCES

[1] B. Martínez-Pérez, I. de la Torre-Díez , M. López-Coronado, "Mobile Health Applications for the Most Prevalent Conditions by the World Health Organization: Review and Analysis," *Journal of Medical Internet Research*, vol. 15. 2013, doi:10.2196/jmir.2600.

[2] S. Adibi, "Link technologies and BlackBerry mobile health (mHealth) solutions: a review," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 16, pp. 586-597, 2012.

[3] Research2guidance. *Mobile Health Market Report 2013-2017*. March 2013. [Online] Available from: http://www.research2guidance.com/shop/index.php/downloadable/download/sample/sample_id/262

[4] World Health Organization. *Disease and injury regional estimates, cause-specific mortality: regional estimates for 2000-2012*. [Online] Available from: http://gamapserv.who.int/gho/interactive_charts/mbd/leading_cod/2012.asp

[5] Preventive Health Unit: *Burden of disease: a snapshot in 2013*. [Online] Available from: <http://www.health.qld.gov.au/epidemiology/documents/burden-disease-study.pdf>

[6] J. Rivera, R. Van Der Meulen. "Gartner Says Smartphone Sales Grew 46.5 Percent in Second Quarter of 2013 and Exceeded Feature Phone Sales for First Time", 2013.

[7] J. Framingham Mass. "Apple Cedes Market Share in Smartphone Operating System Market as Android Surges and Windows Phone Gains", According to IDC. August 2013.

[8] Google. *Google play*. [Online] Available from: <https://play.google.com/store>

[9] Apple. *iTunes*. [Online] Available from: <http://www.apple.com/itunes>

[10] BlackBerry. *BlackBerry World*. [Online] Available from: <http://appworld.blackberry.com/webstore/product/1>

[11] Microsoft. *Windows Phone Apps+Games*. [Online] Available from: <http://www.windowsphone.com/es-es/store>

[12] Nokia. *Ovi store*. Nokia. Ovi store. [Online] Available from: <http://store.ovi.com>

Internet-of-Things

Evolução das Agendas Estratégicas de Investigação

Internet-of-Things

Strategic Research Agenda Evolution

Fábio José Ferreira da Silva

Departamento de Sistemas de Informação Universidade do
Minho
Guimarães, Portugal
a64901@alunos.uminho.pt

Jorge Oliveira e Sá

Departamento de Sistemas de Informação
Universidade do Minho
Guimarães, Portugal
jos@dsi.uminho.pt

Resumo — Em 2007 foi constituído o *European Research Cluster on the Internet of Things*, com o objetivo de abordar o grande potencial de recursos baseados em *Internet of Things* na Europa e coordenar a convergência das atividades em curso. Esta instituição publica periodicamente Agendas Estratégicas de Investigação com previsões de tópicos de desenvolvimento e investigação tanto a curto, médio e longo prazo. É objetivo deste artigo, estudar essas Agendas e efetuar um levantamento dos tópicos, de forma a perceber a sua evolução ao longo do tempo, isto em termos de áreas que foram já investigadas (ou que a investigação já foi iniciada) bem como aquelas ainda não foram exploradas.

Palavras Chave - *Internet of Things, IoT Research Roadmap, Agenda, European Research Cluster on the Internet of Things;*

Abstract — *The aim of European Research Cluster on the Internet of Things, established in 2007, is to address the large potential for Internet of Things-based capabilities in Europe and to coordinate the convergence of ongoing activities. This organization regularly publishes Strategic Research Agendas with short, medium and long term forecasts of development and research topics. The aim of this paper is to study these agendas and make an identification of topics, in order to understand its evolution over time, that in terms of areas that have already been researched (or the research has already started) as well as those not yet explored.*

Keywords – *Internet of Things; IoT Research Roadmap; European Research Cluster on the Internet of Things;*

I. INTRODUÇÃO

A criação por parte da União Europeia (UE) do *European Research Cluster on the Internet of Things* (IERC) foi proporcionada devido à necessidade de reunir projetos financiados pela UE nesta área, tentando desta forma definir uma visão comum assim como definir tecnologias do *Internet of Things* (IoT) [1]. Contudo os objetivos do IERC são mais abrangentes, pois pretende criar e desenvolver uma visão sobre as atividades de pesquisa de IoT na Europa, assim como definir uma estratégia de cooperação com entidades não europeias na área do IoT.

Desta forma, desde 2009 foram disponibilizadas *Agendas Estratégicas de Investigação* (SRA – *Strategic Research*

Agenda) que pretendem dar uma lista de campos a ser investigados assim como os caminhos para o futuro.

As SRAs foram disponibilizadas ao longo dos últimos anos. Verifica-se que essas agendas sofreram atualizações consoante os problemas que encontrados nas investigações realizadas. Com este trabalho pretende-se realizar uma comparação entre a primeira SRA publicada em 2009, com as SRAs de 2010, 2012 e particularmente com a SRA publicada mais recentemente, isto é, em 2014. Esta análise comparativa pretende mostrar a evolução dos tópicos propostos durante este período temporal

Este trabalho pretende responder à questão “O que é pertinente investigar em IoT?”

Assim, na secção II deste artigo, serão apresentadas as várias SRAs publicadas pela IERC. Foram publicadas SRAs nos anos 2009 [2], 2010 [3], 2012 [4] e 2014 [5]. Nessa secção será referido os tópicos referentes à área de desenvolvimento tecnológico bem como os tópicos referentes à área de investigação, devido à extensão dos objetivos de cada tópico não é possível detalha-los, no entanto são descritas as alterações/evoluções que sofreram em termos da sua dimensão. Na secção III será realizada a comparação entre as diferentes SRAs onde são identificados tópicos que apresentam interesse de investigação para a comunidade académica. Na secção IV estarão presentes as conclusões.

II. STRATEGIC RESEARCH AGENDAS

A criação de SRAs por parte da IERC permitiu identificar, ao longo dos últimos anos, um conjunto de pontos que seriam necessários para cimentar IoT na Europa tanto a curto como a longo prazo, contudo desses pontos nem todos foram cumpridos tendo sido necessário prolongar alguns desses pontos para o intervalo de tempo seguinte. As SRAs dividem pontos, entre o que é necessário investigar e o que era necessário desenvolver. Nesta secção só será dada relevância a novos tópicos, ou então a novos objetivos dentro dos tópicos que foram aparecendo ao longo das diferentes agendas publicadas.

A. SRA de 2009

Esta foi a primeira SRA a ser lançada pela IERC, dois anos após a criação da equipa de trabalho permitindo assim começar a trabalhar no conceito inicial de IoT. Nesta primeira SRA é realizada um levantamento das áreas em que o IoT está ou poderá estar presente sendo que também são identificadas as áreas a merecer uma maior atenção por parte da comunidade de investigadores e empresarial.

A SRA de 2009 tornou-se a base para as restantes SRAs que foram publicadas nos anos seguintes. A SRA identifica, separadamente, o que é necessário desenvolver a nível tecnológico, do que ainda é necessário investigar de forma a colmatar as necessidades e falhas existentes.

Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico foram identificados doze tópicos, a saber: (1) *Identification Technology*, (2) *IoT Architecture Technology*, (3) *Communication Technology*, (4) *Network Technology*, (5) *Software and Algorithms*, (6) *Hardware Devices*, (7) *Data and Signal Processing Technology*, (8) *Discovery and Search Engine Technologies*, (9) *Power and Energy Technologies*, (10) *Security, Privacy & Trust Technologies*, (11) *Material Technology*, (12) *Standardization*.

Do que é necessário investigar foram identificados quinze tópicos, nomeadamente: (1) *Identification Technology*, (2) *IoT Architecture*, (3) *SOA Software Services for IoT*, (4) *IoT Architecture Technology*, (5) *Communication Technology*; (6) *Network Technology*; (7) *Software and Algorithms*, (8) *Hardware Devices*, (9) *Hardware Systems, Circuits and Architectures*, (10) *Data and Signal Processing Technology*, (11) *Discovery and Search Engine Technologies*, (12) *Power and Energy Technologies*, (13) *Security, Privacy & Trust Technologies*, (14) *Material Technology*, (15) *Standardization*.

Estes tópicos estão divididos cronologicamente por quatro períodos temporais: o primeiro é período é antes de 2010, o segundo está num intervalo de anos que vai de 2010 a 2015, o terceiro período está entre 2015 e 2020 e por fim o último período que é posterior a 2020. Sublinha-se que esta SRA é a única que incorporou o período temporal antes de 2010, por isso este período temporal não é considerado nas análises que são feitas ao longo deste artigo.

B. SRA de 2010

Esta SRA continua o trabalho realizado pela SRA de 2009, visto que passou somente um ano entre a publicação da SRA anterior. Porém os períodos temporais aplicados nesta SRA adequaram-se à data em que foi publicada passando desta forma a ser de 2011 a 2015, de 2015 a 2020 e por fim depois de 2020.

Nesta SRA é possível verificar que a grande parte dos tópicos se mantiveram inalterados. No entanto, dois tópicos sofreram alterações, um no que é necessário desenvolver a nível tecnológico, o tópico (6) *Hardware* incorporou a adição de mais um objetivo para o intervalo dos anos 2011 a 2015, esse objetivo consiste na integração de NFC nos telemóveis e sensores; e no que é necessário investigar foi adicionado ao tópico (6) *Network Technology* o objetivo de incorporar sistemas baseados em sensores RFID, este objetivo também foi adicionado ao intervalo temporal 2011 a 2015.

Os dois novos objetivos foram os únicos a serem adicionados em todos os períodos temporais presentes na SRA de 2010 [3].

C. SRA de 2012

Nesta SRA já é possível identificar algumas diferenças em relação às SRAs anteriores, principalmente devido ao desenvolvimento e investigação em IoT estar mais maduro, pois passaram três anos desde o lançamento da SRA de 2009. Mais uma vez, os períodos temporais usados nesta SRA foram ajustados à data que foi publicada, sendo que os períodos são: 2012 a 2015, 2015 a 2020; e mantendo o mesmo período das SRAs anteriores, isto é, depois de 2020.

À medida que o conhecimento sobre o tema IoT vai aumentando, é provável que novos tópicos surjam. Dessa forma, nesta SRA aparecem sete novos tópicos que estão repartidos da seguinte forma: dois novos tópicos para o desenvolvimento a nível tecnológico e cinco novos tópicos para a investigação.

Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico surgem os tópicos (13) *IoT Infrastructure* e (14) *IoT Applications*, passando a conter um total de catorze tópicos.

Do que é necessário investigar o tópico identificado a nível tecnológico (16) *IoT Infrastructure* e (17) *IoT Applications* também é identificado, juntando-se ainda três novos tópicos, a saber: (18) *Social Responsibility*; (19) *Governance (legal aspects)*; e (20) *Economic*. Contudo perde-se o tópico (15) *Standardization*. Dessa forma, fica a conter dezoito tópicos.

No entanto, a SRA de 2012 não é só marcada pela introdução de novos tópicos, mas também por dar grande relevância às tecnologias de segurança para IoT.

Nesta SRA são acrescentados, para além dos novos tópicos, vinte e oito novos objetivos distribuídos pelas diferentes áreas e tópicos, para além de estarem distribuídos por períodos temporais diferentes.

Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico, surgem dez novos objetivos. Desses, seis surgem para o período temporal de 2012 a 2015 e estão distribuídos pelos tópicos da seguinte maneira: um no (5) *Software and Algorithms*; um no (6) *Hardware*; um no (12) *Standardization*; e três no (10) *Security, Privacy & Trust Technologies*. Os restantes quatro objetivos surgem no período temporal 2015 a 2020, todos eles no mesmo tópico no (10) *Security, Privacy & Trust Technologies*.

Do que é necessário investigar surgem dezoito novos objetivos sendo que dez deles estão presentes no período temporal entre 2012 e 2015, a saber: um no (9) *Hardware Systems, Circuits and Architectures*; dois no (3) *SOA Software Services for IoT*; e os últimos sete estão presentes no (13) *Security, Privacy & Trust Technologies*. Dos restantes oito objetivos que faltam, quatro deles estão presentes no (13) *Security, Privacy & Trust Technologies* e os outros dois estão no tópico (3) *SOA Software Services for IoT*, ambos para o período temporal de 2015 até 2020. Os restantes quatro objetivos estão divididos equitativamente pelos tópicos (14) *Material Technology* e (3) *SOA Software Services for IoT*, isto para o período temporal depois de 2020 [4].

D. SRA de 2014

Nesta SRA, que até ao momento da escrita de este artigo era a mais atual, surge o aparecimento de um novo tópico *Interoperability* tanto na área de desenvolvimento em que fica como o tópico (15), como na área de investigação em que fica como tópico (20).

Surgem ainda vinte e um novos objetivos que estão distribuídos da seguinte forma: dez para a área de desenvolvimento e onze para a área de investigação. Do que é necessário desenvolver a nível tecnológico, quatro pertence ao tópico (14) *IoT Applications*, e três pertencem ao tópico (5) *Software and Algorithms* ambos no período temporal de 2015 a 2020, os restantes três pertencem aos seguintes tópicos (2) *IoT Architecture Technology*, (3) *Communication Technology*; e (5) *Software and Algorithms* todos eles para o período temporal após 2020. Do que é necessário investigar surgem onze novos objetivos, dos quais cinco correspondem ao tópico (16) *IoT Applications*, três do tópico (6) *Network Technology* ambos para o período temporal de 2015 a 2020, os últimos três correspondem aos tópicos: (16) *IoT Applications*, (6) *Network Technology* e (18) *Governance (legal aspects)* para o período temporal depois de 2020 [5].

Na Tabela 1 pode-se ver a evolução dos objetivos que cada tópico sofreu ao longo das diversas SRAs. A primeira linha representa todos os tópicos publicados, estão representados vinte e um tópicos, mas na área de desenvolvimento correspondem somente a quinze, enquanto na área de investigação estão representados vinte e um, mas na realidade o tópico (15) deixou de ser considerado a partir da SRA de 2012 e nesse mesma SRA surgiram cinco novos tópicos (16), (17), (18), (19) e (20), tendo o tópico (21) surgido somente na SRA de 2014. As restantes linhas representam as quatro SRAs publicadas, cada uma está dividida em três linhas, e cada linha mostra a previsão para os períodos temporais dos objetivos. Quando um campo tem dois valores separados por uma barra (/), o primeiro representa os objetivos da área de desenvolvimento e o segundo corresponde à área de investigação, e sempre que num campo exista um hífen (-) significa que aquele tópico não teve qualquer objetivo. Por fim, quando um campo está preenchido a azul claro, representa a inexistência desse tópico na SRA.

III. COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES SRAS

Nesta comparação parte-se do pressuposto que quando um objetivo de um tópico não é adiado para o período temporal conseqüente é porque o mesmo foi concluído com sucesso, ou então deixou de ter relevância para a área de IoT. De forma a acompanhar a evolução das SRAs será realizada uma comparação entre os anos: 2009 e 2010; 2010 e 2012; e 2012 e 2014.

É importante realçar que as diversas SRAs apresentam poucas diferenças, sobretudo porque o espaço temporal que as separa não é muito grande.

Assim, entre os anos 2009 e 2010, verifica-se que a SRA 2010 apresenta uma maior preocupação em definir alguns tópicos que no ano 2009 se encontravam pouco definidos, como é o caso do *Network Technology* e *Communication Technology* que foram adequados à realidade da área de IoT.

Relativamente aos objetivos verifica-se que diminutas alterações foram efetuadas, no entanto, merece referência um objetivo que se atrasou, pois estava delineado para o período temporal antes de 2010, que era a convergência entre os IP's e ID's e o esquema de endereçamento, este objetivo tornou-se mais alcançável devido à gradual implementação do IPv6 [2, 3, 6].

Comparando agora os anos 2010 com 2012, verifica-se que na SRA 2012 surgem sete novos tópicos. Ao analisar os tópicos que estão a ser adicionados pode-se constatar a existência das primeiras adições no que concerne à implementação de IoT no mundo real. Através da observação dos objetivos que aparecem nesta SRA, constata-se que estes estão relacionados a duas áreas, a saber: processos, com a criação de infraestruturas/ normas que permitam a integração de IoT e o uso num meio industrial através do uso de sensores ao longo de um processo de negócio, bem como a modelação e conceção de IoT consistente para processos de negócio e ainda a criação de processos de IoT distribuídos; e segurança dos dados, e aqui verifica-se um maior número de objetivos que se centram em técnicas de privacidade para manter o anonimato, técnicas que garantam a privacidade dos utilizadores assim como dos seus dados, novos métodos para avaliar a confiança nos dispositivos e nos dados e métodos que garantam a segurança das plataformas e dos dados. Contudo, na SRA 2012 existe uma situação que é necessário realçar e que consiste na eliminação do tópico *Standardization* na área de investigação, isto é justificado porque os objetivos deste tópico na SRA anterior foram redefinidos e colocados em diferentes tópicos existentes ou então nos novos criados na SRA de 2012 [3, 4].

Por fim, será realizada a comparação entre os anos 2012 e 2014, esta última já focada no período temporal de 2015 a 2020. Nesta comparação verificar-se-á o número de objetivos que se atrasaram entre o ano de 2012 e 2014, para tal a área de desenvolvimento tecnológico e a área de investigação irão ser analisadas separadamente. Na primeira área, para o período temporal de 2015 a 2020, é possível verificar que dos cinquenta e três objetivos distribuídos por catorze tópicos presentes na última agenda, dezasseis deles resultaram de objetivos que deviam ter sido concretizados no período temporal anterior, só que devido a diversos fatores, que são indiferentes para esta análise, não o foram, relativamente ao período temporal posterior a 2020 a maioria dos objetivos mantiveram-se conforme a agenda anterior sendo de realçar que somente um objetivo se atrasou e houve o aparecimento de quatro novos. Na segunda área, verifica-se que existe um total de cento e dezasseis objetivos distribuídos por dezoito tópicos para o período temporal entre 2015 a 2020, sendo que quarenta e sete desses objetivos transitam do período temporal anterior, porque não foram concretizados atempadamente, verifica-se que surgiram quinze novos objetivos e há dois tópicos que merecem destaque: *IoT Applications*, que realça as aplicações móveis para IoT; e *Communications Technology* que destaca as novas redes como é o caso do 5G referenciado nos objetivos da SRA de 2014. Nesta SRA, em relação à anterior, o tópico *Social Responsibility* desaparece contudo os seus objetivos não foram distribuídos por outros tópicos sendo que a justificação é que os mesmos não se conseguem aplicar enquanto o IoT não atingir uma maior maturidade [4, 5].

TABELA 1 – RELACIONAMENTO DO NÚMERO DE OBJETIVOS PRESENTES POR CADA TÓPICO DAS SRAs AO LONGO DOS ANOS

Tópicos SRAs		Identification Technology	IoT Architecture Technology	Communication Technology	Network Technology	Software and Algorithms	Hardware Devices	Data and Signal Processing Technology	Discovery and Search Engine Technology	Power and Energy Technology	Security, Privacy and Trust Technology	Material Technology	Standardization	IoT Architecture	SOA Software Services for IoT	Hardware Systems, Circuits and Architectures	IoT Infrastructure	IoT Applications	Social Responsibility	Governance (legal aspects)	Economic	Interoperability	
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(15)	(2)	(3)	(9)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)
Desenvolvimento		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)				(13)	(14)					(15)
Investigação		(1)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(2)	(3)	(9)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	(21)	
SRA 2009	2010-2015	3/4	1	5/4	5/6	4/8	3/12	2/2	2/4	3/6	3/2	3/5	3/3	3/7	1	10							
	2015-2020	3/1	1	1/3	1/3	3/4	2/9	1/2	1/2	4/3	3/4	1/1	1/2	2/5	1	6							
	Depois de 2020	1/1	-	1/1	2/4	5/2	1/2	1/1	2/1	2/1	1/1	-/-	1/2	2/1	-	2							
SRA 2010	2011-2015	3/5	1	5/4	5/7	4/8	4/12	2/2	2/4	3/6	3/2	3/5	3/3	4/7	1	10							
	2015-2020	3/1	1	1/3	1/3	3/4	2/9	1/2	1/2	4/3	3/4	1/1	1/2	2/5	1	6							
	Depois de 2020	1/1	-	1/1	1/4	5/2	1/2	1/1	2/1	2/1	1/1	-/-	1/2	2/1	-	2							
SRA 2012	2012-2016	3/5	1	5/4	5/7	5/8	6/12	2/2	2/4	3/6	6/9	3/5	4	4/7	3	11	3/2	2/3	2	2	1		
	2016-2020	3/1	1	1/2	1/3	3/4	2/9	1/2	1/2	4/3	6/8	1/1	2	2/5	2	7	3/3	1/1	1	1	-		
	Depois de 2020	1/1	-	1/1	2/4	5/2	1/2	1/1	2/1	2/1	2/3	1/1	1	2/1	1	2	1/1	1/1	-	-	-		
SRA 2014	2015-2020	5/5	1	6/10	4/8	6/11	4/15	2/4	2/6	2/5	8/12	2/3	4	4/8	3	12	4/4	6/7			2	2	4/2
	Depois de 2020	1/1	-	2/1	3/5	6/2	1/2	1/1	2/1	2/1	2/3	2/1	1	2/4	1	2	2/1	1/2			1	-	1/1

Desta comparação identifica-se que há tópicos pertinentes para quem pretender investigar sobre IoT. Não se pretende efetuar investigação em tópicos tecnológicos, pois considera-se que o mercado já responde ou irá responder às necessidades de IoT. Assim, o tópico interoperabilidade (*Interoperability*) que surgiu na última SRA e que levanta questões relacionadas com as arquiteturas de IoT (*IoT Architecture*) que por sua vez está relacionada com serviços (*SOA Software Services for IoT*), essas arquiteturas deverão correr aplicações (*IoT Applications*) de uma forma segura (*Security, Privacy & Trust Technologies*) e que retornem valor pela sua utilização (*Economic*). Considera-se que estes tópicos podem ser relevantes para investigar, sobretudo no estado de maturidade em que IoT se encontra. Relativamente aos tópicos *Social Responsibility* e *Governance (legal aspects)* poderiam também ser considerados, mas como referido atrás IoT ainda não atingiu o estado de maturidade necessário para considerar estes tópicos [5].

IV. CONCLUSÕES

Estes primeiros anos da IoT não podem ser considerados anos de sucesso, porque verifica-se que os objetivos lançados na primeira SRA em 2009 para o período temporal de 2010 até 2015, somente 49,57% dos objetivos foram cumpridos (cinquenta e sete dos cento e quinze propostos), sendo que está de forma equivalentemente repartido pela área de desenvolvimento tecnológico e pela área de investigação.

Contudo, verifica-se que tem sido realizado algum esforço na determinação de condições para a praticabilidade de implementações reais de IoT, a maioria desse esforço está dirigido para a criação de *framework's* que permitam a implementação de IoT em qualquer tipo de ambiente real.

Desta forma, são identificados tópicos que poderão ser usados como bases para a investigação da evolução da IoT.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto QVida+: Quality of Life Continuous Estimation for Effective Clinical Decision Support, N°2015/003446 P2020 SI I&DT, (NUP, NORTE-01-0247-FEDER-003446). Foi também suportado pela Optimizer-Lda, e pelo COMPETE: POCI-01-0145-FEDER-007043 e FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia UID/CEC/00319/2013

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] "About IERC," 2015. [Online]. Available: http://www.internet-of-things-research.eu/about_ierc.htm.
- [2] O. Vermesan, F. Peter, G. Patrick, G. Sergio, B. Harald, Sundmacker Alessandro, J. Ignacio Soler, M. Margaretha, H. Mark, E. Markus, and D. Pat, "Internet of Things: Strategic Research Roadmap," *Internet Things Strateg. Res. Roadmap*, no. January 2016, pp. 1–50, 2009.
- [3] O. Vermesan, P. Friess, P. Guillemin, S. Gusmeroli, H. Sundmacker, A. Bassi, I. S. Jubert, M. Mazura, M. Harrison, M. Eisenhauer, P. Doody, F. Peter, G. Patrick, G. Sergio, B. Harald, Sundmacker Alessandro, J. Ignacio Soler, M. Margaretha, H. Mark, E. Markus, and D. Pat, "Internet of Things Strategic Research Roadmap," *Internet Things Strateg. Res. Roadmap*, pp. 9–52, 2010.
- [4] M. Lerner, "Internet of Things 2012 New Horizons," p. 360, 2012.
- [5] O. Vermesan and P. Friess, *Internet of Things Applications - From Research and Innovation to Market Deployment*. 2014.
- [6] S. Deering, and R. Hinden, "Internet protocol, version 6 (IPv6) specification", 1998.

Artículos de Empresas

Sistema GeoEspacial de Apoio a Operações de Dragagem Portuárias

Geospatial System to Support the Port Dredging Operations

Lino Oliveira¹
lino.oliveira@inesctec.pt

¹INESC TEC
Campus da FEUP, R. Dr. Roberto Frias,
4200-465 Porto, Portugal

Jorge Santos², Leonel Dias²
jorgesantos@triedeti.pt, leoneldias@triedeti.pt

²TRIEDE TI
Rua Virgílio Monteiro, 2, 2º I, Pousos
2410-408 Leiria, Portugal

Resumo — A competitividade dos portos está diretamente ligada à sua eficiência enquanto nó numa cadeia logística, mas também com a capacidade de navegabilidade que dispõem. Com o aumento crescente dos tamanhos dos navios, e por conseguinte dos seus calados, as administrações portuárias são obrigadas a aumentar e a monitorizar constantemente as profundidades dos respetivos portos, a fim de garantir a compatibilidade e navegabilidade dos seus canais de acesso, cais e docas. Este trabalho propõe uma solução tecnológica que permite responder às necessidades atuais de gestão interoperável, visualização e análise expedita das operações de dragagem, independentemente do estado de maturidade tecnológica existente no porto.

Palavras Chave – *Sistema de Informação Geográfica; Levantamentos Hidrográficos; Operações de Dragagem; Análise de Sedimentos; Assoreamento; Autoridades Portuárias;*

Abstract — The competitiveness of ports is directly linked to their efficiency as node in a supply chain, but also with the navigability capacity they have. With the increasing sizes of ships, and therefore of its draught, port authorities are required to increase and constantly monitor the depths of the respective ports in order to ensure compatibility and navigability of the access channels, wharves and docks. This work proposes a technological solution that allows us to respond to the current needs of interoperable management, visualization and expeditious analysis of dredging operations, regardless of the harbor's existing technological maturity state.

Keywords – *Geographic Information System; Hydrographic Surveys; Dredging Operations; Sediment Analysis; Silting; Port Authorities;*

I. INTRODUÇÃO

Por definição, uma Zona Portuária é constituída por uma área portuária e seus arredores, contínua ou descontínua, abrigada das ondas e correntes, localizada à beira de um oceano, mar, lago ou rio, e que é destinada à acostagem de embarcações, onde existe pessoal qualificado e todos os serviços necessários para a movimentação de carga e pessoas,

muitas vezes através de terminais especializados para acomodação das mercadorias e dos passageiros [1].

As duas mais antigas estruturas portuárias conhecidas são *Wadi al-Jarf* e *Ayn Sukhna* ambas construídas pelo homem, nas margens do Mar Vermelho no Antigo Egito 2000 a.C. [2]. Desde essa altura, os portos marítimos servem de ligação entre diferentes civilizações e continentes, e são pontos de primordial importância para as trocas comerciais de uma economia em crescente globalização [3].

Com o aparecimento dos contentores em 1937, através de *Malcom Mc Lean* para transporte de qualquer tipo de mercadorias e com a sua classificação como unidade de volume de transporte universal em 1968 (ISO 668) [4], o transporte marítimo revelou-se cada vez mais rentável e a indústria naval focou-se então na construção de navios cada vez maiores, com maior capacidade de transporte, e por conseguinte com calados mais elevados, com o objetivo de assegurar a movimentação de um volume de carga crescente [5].

Como medida imprescindível para a sua competitividade, o aumento do calado dos navios, obriga que os portos se adaptem e estejam preparados para lidar com esta situação, mantendo e monitorizando a profundidade e assoreamento dos seus canais de acesso, docas e cais de acostagem a fim de estarem aptos a receber navios de grandes dimensões com elevados calados e com isso, aumentar o respetivo volume de cargas movimentadas.

Para a obtenção da profundidade necessária e a respetiva manutenção, os principais portos investem grandes quantias em operações de dragagem. Como complemento às operações programadas, para estudarem e monitorizarem as profundidades, as administrações portuárias realizam regularmente levantamentos hidrográficos, para fiscalizar e registar o estado atual dos respetivos fundos portuários. Geralmente, estes levantamentos são efetuados com sondadores acústicos de feixe simples ou multifeixe para a

medição das profundidades e com sistemas espaciais de posicionamento e navegação [6].

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

O assoreamento dos fundos portuários, nomeadamente em portos que se situam na foz de rios, traduz-se no principal problema de manutenção das cotas de serviço necessárias para a navegação de navios com calados elevados. Com o recurso à Cartografia Digital e aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como ferramentas de apoio à gestão de dados espaciais, existem cada vez mais portos a implementarem este tipo de instrumentos, procurando organizar os dados de batimetria recolhidos nos respetivos levantamentos hidrográficos e efetuar cálculos e análises eficientes das respetivas operações de dragagem. Contudo, apesar de muitas administrações portuárias estarem já equipadas com essas tecnologias SIG (muitas delas de topo), verificou-se que ainda não existia no mercado tecnológico, uma ferramenta de fácil implementação e acesso expedito (Web), interoperável e com capacidade para responder às necessidades de gestão, visualização e análise das operações de dragagem.

III. SOLUÇÃO

A solução tecnológica de apoio ao planeamento e manutenção de operações de dragagem passou pelo desenvolvimento de uma arquitetura física e lógica para gerir de forma ágil, toda a informação espacial dos dados batimétricos provenientes dos levantamentos hidrográficos e das respetivas operações de dragagem bem como das análises de sedimentos associadas.

Numa primeira fase deste trabalho foi desenhado o modelo conceptual e o respetivo modelo relacional da informação espacial necessário para a operacionalização da infraestrutura e representação dos dados espaciais de apoio às operações de dragagem portuárias:

- Zonas de Imersão;
- Zonas de Dragagem;
- Levantamentos Hidrográficos;
- Análise de Sedimentos;

A segunda etapa do trabalho consistiu no desenvolvimento de uma ferramenta Web, independente do sistema de coordenadas, interoperável e de acesso expedito a qualquer utilizador com credenciais no domínio portuário, baseada no modelo conceptual criado e que permite a:

- Importação automática dos pontos cotados provenientes dos dados batimétricos;
- Geração automática de grelhas de cotas e identificação da cota de serviço;
- Visualização dos levantamentos hidrográficos (Figura 1);
- Cálculo e representação do pior ponto cotado (Figura 1);

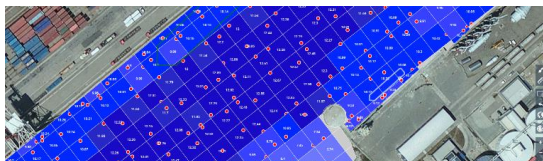


Figura 1 – Exemplo da representação espacial de um levantamento hidrográfico e do pior ponto cotado em cada área

- Registo das zonas de dragagem e de imersão;
- Importação e visualização espaciotemporal de análises de sedimentos em cada área de dragagem (Figura 2);



Figura 2 – Exemplo de visualização de análises de sedimentos

- Cálculo dos volumes dragados e das respetivas taxas de assoreamento (Figura 3);

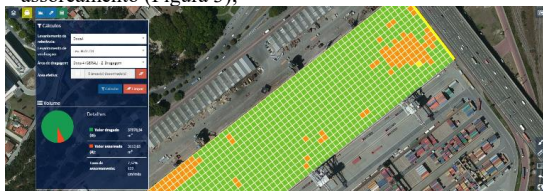


Figura 3 – Exemplo de cálculo de volumes dragados e representação espacial do assoreamento

IV. CASO DE ESTUDO

O foco da implementação foram os Portos de Leixões e Viana do Castelo, geridos pela Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo (APDL). Esta autoridade portuária, num trabalho anterior foi objeto da implementação de uma solução especializada para Gestão Ambiental e Portuária e que tem vindo a desempenhar um papel ativo no que diz respeito à inovação, operacionalização e gestão dos principais processos de negócio portuários. Com a adoção desta ferramenta a APDL passou a gerir, visualizar e analisar eficientemente todas as operações de dragagem relacionadas com os seus canais navegáveis.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A solução aqui proposta baseia-se na criação de uma arquitetura lógica e física, única e genérica, extensível a qualquer zona portuária existente e que permite responder às necessidades atuais de gestão, visualização e análise das operações de dragagem. O reconhecimento internacional deste sistema tem sido muito elevado. No Brasil, por exemplo, descreveram a solução como sendo inovadora e única no seu ramo de atividade. Num futuro próximo, estão pensados desenvolvimentos para dotar a plataforma de funcionalidades que permitam avaliar e assegurar as condições necessárias de

navegabilidade em vias navegáveis interiores, como rios e canais fluviais, assim como uma representação gráfica em 3D para a situação real dos fundos.

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização – COMPETE 2020 no âmbito do projeto «POCI-01-0145-FEDER-006961» e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia através do projeto «UID/EEA/50014/2013».

VII. REFERÊNCIAS

- [1] “Harbour - Definition of harbour in English from the Oxford dictionary,” [Online]. Available: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/english/harbour>. [Acedido em Fevereiro 2016].

- [2] P. Tallet, “Ayn Sukhna and Wadi el-Jarf: Two newly discovered pharaonic harbours on the Suez Gulf,” *British Museum Studies in Ancient Egypt and Sudan*, vol. 18, pp. 147-168, 2012.
- [3] M. Monteiro, “A Importância Dos Portos Na Economia,” *Revista de Marinha* 959, n° 26–28, 2010.
- [4] *ISO 668 - Series 1 freight containers — Classification, dimensions and ratings*, 1968.
- [5] G. Abrashevaa, D. Senka e R. Häußling, “Shipping containers for a sustainable habitat perspective,” *Social Value of Materials*, vol. 109, pp. 381-389, 2012.
- [6] “Levantamentos Hidrográficos,” [Online]. Available: <http://www.hidrografico.pt/levantamentos-hidrograficos.php>. [Acedido em Fevereiro 2016].

Visualização de Tráfego Portuário em Tempo Real com Integração da JUP e do AIS

Port Traffic View in Real Time with Integration of AIS and JUP

Jorge Santos¹, Leonel Dias¹

jorgesantos@triedeti.pt, leoneldias@triedeti.pt

¹ TRIEDE TI

Rua Virgílio Monteiro, 2, 2º I, Pousos
2410-408 Leiria, Portugal

Lino Oliveira²

lino.oliveira@inesctec.pt

² INESC TEC

Campus da FEUP, R. Dr. Roberto Frias,
4200-465 Porto, Portugal

Resumo — A constante adaptação da indústria do transporte marítimo de mercadorias e consequente aumento de competitividade neste setor de atividade, suporta e estimula as trocas comerciais a um nível global. Os portos têm um papel determinante na eficiência (ou falta desta) que incutem no processo, como nó de uma cadeia logística. O aumento significativo da movimentação de carga por via marítima obriga a uma monitorização fiável e constante da localização de todos os navios e embarcações que circulam nas áreas navegáveis dos portos bem como nas suas áreas navegáveis de influência. Este trabalho propõe uma solução para uma monitorização *Web-based* em tempo real do tráfego portuário, integrando os sistemas e tecnologias existentes como a Janela Única Portuária (JUP) [1] e o *Automatic Identification System* (AIS) [2], interoperando com informação pública para construir uma visão integrada e com isso suportar o apoio à decisão.

Palavras Chave – *Sistema de Informação Geográfica; Tráfego Portuário; JUP; AIS; VTS; Autoridades Portuárias*

Abstract — The constant adaptation of the shipping industry of goods and consequent increase in competitiveness in this sector of activity, supports and encourages commercial trades at a global level. Ports play a crucial role in the efficiency (or lack thereof) to instill in the process, representing a node of a supply chain. The significant increase of cargo transports by sea requires reliable and constant monitoring of the location of all ships and vessels circulating in port waterways of their areas of influence. This paper proposes a solution to real-time web-based port traffic monitoring, integrating existing systems and technologies such as Port Single Window (JUP) [1] and the Automatic Identification System (AIS) [2], interoperating with public information to build an integrated view and thereby support decisions.

Keywords - *Geographic Information System; Port Traffic; JUP; AIS; VTS; Port Authority*

I. OBSERVAÇÕES DO MUNDO E DO ESTADO DA ARTE

A evolução natural dos processos de transporte de passageiros e mercadorias provocou uma transformação

profunda da gestão portuária a vários níveis: industrial, tecnológico, social e político. A infraestrutura de um porto e zona portuária correspondente deixou de representar apenas um meio de fornecimento e troca de bens à região, para se configurar como um símbolo potenciador da economia nacional [3]. Esta transformação traduz-se num aumento da competitividade da indústria do transporte de mercadorias a um nível global, estimulando as trocas comerciais entre países e a construção de complexas redes logísticas de transporte. Estas redes, denominadas de cadeias logísticas de transportes, englobam o transporte por via aérea, terrestre (rodoviário e ferroviário) bem como o transporte marítimo [4]. Neste contexto, o porto marítimo funciona como um nó de ligação entre os vários tipos de transporte [5].

Com o reconhecimento dos contentores como unidade de volume de transporte universal, [6] houve um impulso significativo do aumento da movimentação de carga por via marítima, o que obriga a uma monitorização fiável e constante da localização de todos os navios e embarcações que circulam nas áreas navegáveis de influência portuária [7]. Neste sentido, foram surgindo várias ferramentas que pretendem responder a estas necessidades, combinando conceitos de Cartografia Digital e Sistemas de Informação Geográfica (*SIG*) que disponibilizam soluções *Web-based* para a visualização da situação real do tráfego marítimo. Ferramentas como o *MarineTraffic* [7], o *ShipFinder* [8] ou o *VesselFinder* [9], que permitem a pesquisa e visualização do tráfego marítimo em todo o mundo, assim como, a consulta de informação detalhada para cada um dos navios, embarcações ou portos representados, complementando a sua oferta com serviços especializados de histórico, exportação e interoperabilidade de informação.

II. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

As autoridades portuárias que dispõem de *Vessel Traffic System* (VTS) [11] conseguem, apenas através de consolas específicas monitorar o tráfego portuário. Quando não

dispõem deste tipo de infraestrutura, ou como forma de democratizar o acesso à informação, recorrem a plataformas públicas, que disponibilizam informação de localização de navios de forma livre para qualquer utilizador.¹No entanto, estes sistemas não possuem uma ligação permanente aos sistemas existentes nos portos, e recorrem essencialmente a informação proveniente de satélite que introduz, na maioria dos casos, atrasos significativos na receção dos dados do posicionamento dos navios e embarcações, resultando numa experiência de visualização do tráfego portuário desfasada da realidade. Esta condição, aliada ao facto destes sistemas não disponibilizarem informação acerca da previsão de chegada/partida dos navios e embarcações, agentes de navegação, locais de atracação e calado à entrada/saída no porto a que se destina, confirma a necessidade de haver uma solução que integre todo este espectro de informação, interopere com os sistemas portuários e que esteja sob responsabilidade da autoridade portuária, a fim de eliminar as dependências de plataformas externas.

III. SOLUÇÃO

A solução tecnológica proposta passou pela delimitação de uma arquitetura capaz de suportar a visualização da situação real do tráfego portuário, com a integração transparente da JUP e do AIS, bem como interoperando através de mecanismos normalizados com informação pública. Foram também considerados aspetos não funcionais como a *performance* e alta disponibilidade, atendendo ao potencial acesso concorrente e massivo por parte de utilizadores dispersos geograficamente e com recurso a diferentes tipos de dispositivos.

A primeira fase de desenvolvimento, consistiu no desenho do modelo conceptual e relacional da informação espacial a representar, em conjunto com o levantamento das metodologias e técnicas existentes para representação espacial de elementos em atualização constante do seu posicionamento espaço-temporal. A segunda fase abordou todo o processo de investigação e desenvolvimento necessário para garantir a construção de uma plataforma *Web* responsiva e adaptável às características dos diferentes dispositivos cliente, e que possibilitasse:

- Visualização do tráfego portuário em tempo real no porto e nas suas imediações (Figura 1);

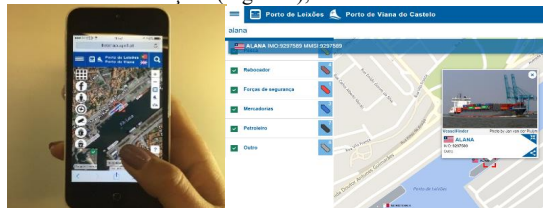


Figura 1 – Exemplo de Visualização de Tráfego Portuário

- Representação dos navios e embarcações à escala real, estilizados de acordo com a sua categoria (pesca, mercadorias, porta contentores, petroleiros, etc.) e etiquetados com o seu nome e o país de origem (Figura 1);

- Pesquisa rápida de navios pelo seu nome, número *IMO*²/*MMSI*³ (Figura 1) e por categoria;
- Consulta de informação detalhada sobre cada navio e da respetiva previsão de chegada/partida, agentes de navegação, locais de atracação e calado à entrada/saída (Figura 2);

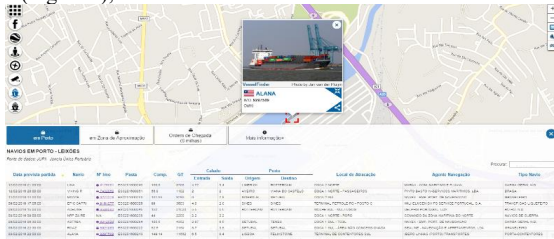


Figura 2 – Exemplo de integração com Janela Única Portuária

IV. CASO DE ESTUDO

O alvo desta implementação foram os portos de Leixões e Viana do Castelo, geridos pela Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo (APDL). Esta autoridade portuária, num trabalho anterior foi objeto da implementação de uma solução especializada para Gestão Ambiental e Portuária e que tem vindo a desempenhar um papel ativo no que diz respeito à inovação, operacionalização e gestão dos principais processos de negócio portuários. Com a adoção desta solução os portos em causa foram considerados dos mais inovadores a nível mundial.

V. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A solução proposta materializou-se num sistema de acesso livre, permitindo a visualização expedita do tráfego portuário, por qualquer pessoa, em tempo real, integrando com sistemas já em utilização nos portos e interoperando com informação disponível de acesso público, construindo uma visão integrada e com isso suportando o apoio à decisão. Esta solução teve um impacto considerável, sendo objeto de notícia um pouco por todo o mundo, tendo sido acedida por utilizadores de mais de 30 países. Num futuro próximo, estão pensados novos desenvolvimentos para dotar a plataforma de serviços que permitam armazenar informação do posicionamento dos navios em histórico, integrar informação da escala dos cruzeiros turísticos, e prever locais de atracação e manobra para navios que utilizam o porto frequentemente.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] APDL, “JUP - Janela Única Portuária,” [Online]. Available: <http://www.apdl.pt/documents/10180/21055/Conceitos+Graus+JUPEI/15be8722-07f5-4faf-ae3c-e8cf6edae4f2>.
- [2] “AIS transponders,” International Maritime Organization (IMO), [Online]. Available: <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/AIS.aspx>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [3] R. A. Nunes, “Desenvolvimento de um SIG para gestão

¹ Existem plataformas com funcionalidades exclusivas para utilizadores registados

² International Maritime Organization

³ Maritime Mobile Service Identity

- portuária: o caso do Porto de Lisboa,” *RCAAP*, 2015.
- [4] V. Caldeirinha, “Textos sobre Gestão Portuária,” 2007.
- [5] A. F. Rocha, “A gestão e a concessão das áreas portuárias,” Porto de Leixões, 2012.
- [6] G. Abrashevaa, D. Senka e R. Häußling, “Shipping containers for a sustainable habitat perspective,” *Social Value of Materials*, vol. 109, pp. 381-389, 2012.
- [7] Y. W. e. al104, “Modelling of marine traffic flow complexity, *Ocean Engineering*,” vol. 104, pp. 500-510, 2015.
- [8] “AIS Marine Traffic,” [Online]. Available: <https://www.marinetraffic.com/pt/>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [9] “Ship Finder,” [Online]. Available: <http://shipfinder.co/>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [10] V. Finder. [Online]. Available: <https://www.vesselfinder.com/>. [Acedido em Fevereiro 2016].
- [11] “Vessel Traffic Services,” International Maritime Organization (IMO) , [Online]. Available: <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Navigation/Pages/VesselTrafficServices.aspx>. [Acedido em Fevereiro 2016].

Artículos Posters

Improving performance of database system using architectural layer

Michal Kvet, Karol Matiaško
Faculty of Management Science and Informatics
University of Žilina, Žilina, Slovakia
Michal.Kvet@fri.uniza.sk

Abstract — Database approach is significant part of the information technology. Each of us feels the increasing amount of data to be stored and processed as well as strong pressure on efficiency, the processing time and correctness of the results. Index has become an essential part of the processing that increases performance and efficiency of the data access in Select statements. On the other hand, it causes performance reduction for other data manipulation language statements. In this paper, we deal with the possibility of block changes and linking data blocks, in which actual data objects are stored. Thanks to approach change – size of the blocks for data themselves as well as for index structures, we can achieve significant improvement in overall system performance.

Keywords-database performance, index, blocking strategy, data files, rowid.

I. INTRODUCTION

Database approach is significant part of the information technology. The rise of the data amount requires complex methods for processing, for storage technologies and resulting effective data retrieval. Moreover, complex actual database data, but often also historical and future valid data, are basic part for decision making. They are also used for optimizer manager [1] [2] [3].

The point is to highlight and prefer performance of all data manipulation language statements. The main strategy of the optimization is based on using indexes, which improve performance of the *Select* statements. Whereas optimizer automatically decides, whether and which index should be used, defining multiple indexes does not cover disadvantages. On the other hand, the basic part for optimizer decision making is structure of the *Select* statement, the order of attributes in indexes and also statistics. Thus, non-current statistics may bring more harm than positive effect. Significant factor affecting the performance of the index structures should be perceived also from the other side. Using index is not free. For each *Insert*, *Delete* and most *Update* statements (touching indexed column), new element is added to the index, moreover it is often necessary to rotate index nodes. It requires system resources and disc space [4] [5].

Using index structures is obviously huge, naturally, if the optimizer has sufficient and correct input data and statistics. However, it is not last optimization step. In this paper, we deal with the post-optimization strategy at the structural level based on database system parameters. We are pointing to tablespaces and physical data files, storing

data methods to reduce disc access reflected by I/O operations.

II. INDEX

Index is an optionally created database object used primarily to increase query performance thanks to number of I/O operations reduction, costs of the CPU and last but not least processing time. The importance of the index can be demonstrated in comparison with the index at the end of the book or by using keywords. Thanks to them, we are able to obtain required information faster. However, if the index would be not suitable or would not be present at all, sequentially search would have to be used. Thus, although it is possible to develop applications without indexes, in the end, it would result in poor performance [6] [7].

Index is associated with the table or cluster and consists of one or more database table columns (attribute) [7]. As already mentioned, it consists of direct values of indexed attributes and pointers to the data file locating the whole row (*ROWID*). The *ROWID* contains the physical location of the whole table row in the disc space (data file, block, row position inside the block). Moreover, table can be located also in multiple data files, but always in the same tablespace. These activities are managed automatically. Thus, it can be used as direct access to the table row reducing the amount of data block reads. However, the use of the value *ROWID* as the primary key is not appropriate because during database handling, it can change its value, e.g. during export and so on [7] [8].

Oracle database system, which is used in our experimental environment, uses several index types. First of all, default index type is *B+tree*. This index type is considered as the basis and provides appropriate solution, except high specific cases, because it maintains the efficiency despite frequent changes of records (*Insert*, *Delete*, *Update*). *B+tree* index consists of a balanced tree in which each path from the root to the leaf has the same length.

In this structure, we distinguish three types of nodes - root, internal node and leaf node. Root and internal node contains pointers S_i and values K_i , the pointer S_i refers to nodes with lower values the corresponding value (K_i), pointer S_{i+1} references higher (or equal) values. Leaf nodes are directly connected to the file data (using pointers). Thanks to two way linked list connection of the leaf level

nodes, also data sorting and access to the next, respectively previous value, is effective [7] [9] [10].

Special case covers index organized table, in that case, data are in data files physically stored as B+tree.

Another index flags are *unique* ensuring that the index attributes (as the composition) are unique. It is automatically set for primary key. *Reverse index key* is used in case of using sequential data in indexes. Standard approach would require often tree balancing. In this case, original value to be indexed is replaced by the inverted value (e.g. for value 456 is inverted value 654). If indexed value is often repeated, *key compressed index* is preferred to reduce disc storage requirements. Default approach for indexing is based on *ascending* principle. However, *descending* approach can be defined explicitly. Index flag *invisible* ensures that the index is not visible to the optimizer, but the structure is still maintained using DML statements, which can be useful for testing.

Another index types are *bitmap indexes* represented by two dimensional arrays. The basis of *hash index* is mapping key value taken by a hash function - *h()* defining the index block that contains a pair – value and pointer. If the table is small, it is better to keep complete records directly instead of references (pointers) to the leaf level data, in this case, *table index* is defined.

In this chapter, it is also mention audit mechanism and implicit conditions adding, which affect index strategy and used access methods [11] [12]. Also extending paradigm of database approach for data management across the whole time spectrum requires change of perspective to index access [12] [13] [14].

III. VIRTUAL INDEX

Application development and testing often requires evaluating multiple index strategies to improve performance. Whereas data amount is still rising, effective data retrieval is more significant [8] [15]. There is no problem to propose optimal index structure for particular *Select* statement. However, what about multiple *Select* statement types, which is used in every application? Moreover, also other DML statements should be highlighted. It is completely unacceptable to manage index for each *Select* statement type. In that case, performance would be really poor, even absolutely unusable [10].

If there is requirement to change data access strategy for the existing application, the problem can be more significant and complicated. It is not appropriate and often even possible to experiment directly with real data, data transfer to another server can be also difficult, not only in terms of time. Furthermore, when using different parameters of other server, desired effect might not be achieved.

In comparison with standard index structure, virtual index does not have physically associated segment, nor extents, thus it does not consume system resources – disc space and there is no processing time to build index. Moreover, so defined index is not even visible by other

sessions and does not influence performance. On the other hand, virtual indexes provide significant tool to evaluate performance. Virtual index is created using *nosegment* keyword (fig. 1).

```
CREATE INDEX ind_emp
ON employee(id, name, surname, salary) NOSEGMENT;
```

Figure 1. Virtual index definition syntax

However, when trying to retrieve data using the following *Select* statement (fig. 2), defined index will not be used even though it is designed specifically for the particular query. This is due to the fact that the default session privilege is not to permit work with virtual indexes [7] [16] [17]. Fig. 3 shows the principles to change session settings in order to allow using virtual indexes. Be aware, information about virtual indexes will not be present in *USER_INDEXES* data dictionary, but can be found in *USER_OBJECTS*.

```
select name, surname, salary
from employee
where id<5000;
```

Figure 2. Select statement example

```
ALTER SESSION SET "_use_nosegment_indexes" = TRUE;
```

Figure 3. Allowing using virtual indexes

Moreover, it is not possible to create a virtual index with the same attributes order, but standard conventional index can be defined [7] (fig. 4).

```
CREATE INDEX ind_emp1
ON employee(id, name, surname, salary) NOSEGMENT;
-- ORA-01408: such column list already indexed

CREATE INDEX ind_emp1
ON employee(id, name, surname, salary) NOSEGMENT;
-- index created
```

Figure 4. Virtual vs. Standard index

IV. DATABASE ARCHITECTURE

Architecture of the database server consists of two parts. The first part is called *instance* containing *System Global Area (SGA)*, *Process Global Area (PGA)*, *listeners* and *Background processes*. Second part is the database itself, which consists of *log files* (e.g. *Online Redo Log*, *Archived Log File*), *control files* and *data files*. Each database must have *control file* including *name* of the database, associated names of *data files* and *redo logs*, current *log sequence number* and *checkpoint* information (fig. 5). It is stored in binary form [6] [17] [18].

In terms of size of the structure, the most important part of the database themselves are *data files*, which are bounded by logic elements – *tablespaces*.

contiguous *data* blocks allocated for storing a specific type of information. Naturally, extents assigned to particular segment are linked and can be located in multiple data files; however, the extent itself cannot be divided to multiple data files [17].

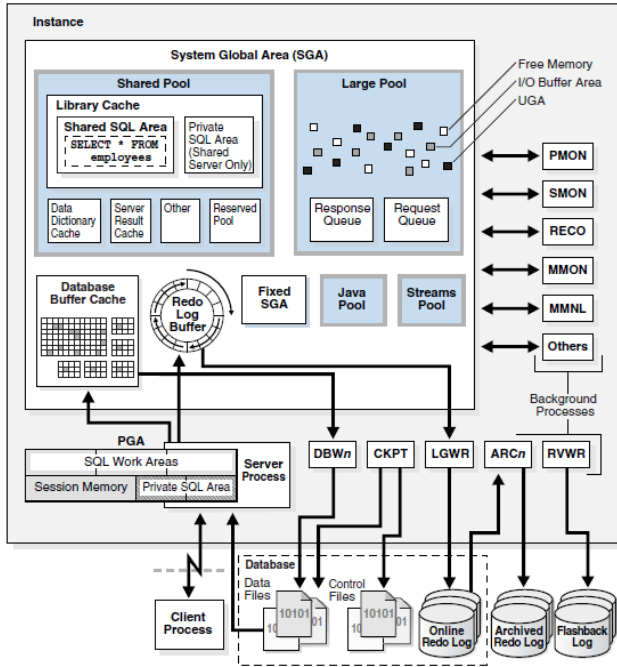


Figure 5. Oracle database server architecture

V. TABLESPACE

Tablespace is a logical unit, which encapsulates physical *data files* storing data in the database. It can be considered as interlayer between physical and logical components. Each database system must contain at least one tablespace, e.g. Oracle database system automatically creates *SYSAUX* and *SYSTEM* tablespace. The aim is to group data files with the same characteristics together based on application domain [6] [16] [17].

Tablespace contains indexes, tables and all created objects like procedures, functions or packages; therefore it is useful to manage space effectively in order to reduce disc space requirements and the number of I/O operations.

In this paper, the evaluation will be devoted mainly to data access efficiency, to reduce the number of I/O operations and load of the disc space management. As you can see in the Experiment section, this layer can bring significant positive effect on the system performance.

Segments are the storage objects inside the database and are associated with the defined object type like table, index, cluster, Each segment is assigned to the specific *tablespace* and has its initial size. After its completion, extent is allocated. *Extent* is a specific number of

Whereas extent is composed of strictly defined amount of data blocks and data are loaded into memory in block structure, changing the amount of blocks can reduce the number of I/O operations. Thus, if the data block were joined (linked) together treated as a single block, costs for managing storage medium and memory loading would be able to benefit significantly. However, the issue is not as simple as may seem to be. By default, the size of the block is delimited by 8KB. These blocks are in the process of loading into memory mapped into *buffer cache* (buffer cache is space of the operation memory, where blocks read from disc are stored). However, block in buffer cache is also limited by 8KB size (fig. 6). Therefore, the compatibility between those two structures must be ensured, otherwise conversion would bring additional costs resulting poor performance and long system response. Smaller blocking size is convenient for small rows with lots of random access. It also reduces the block contention. Vice versa, if the data amount is large, it would generate too many extents, moreover, if the row does not fit the block, it must be splitted and therefore one row loading would require multiple I/O operations. On the other hand, larger size of the block permits reading several rows into the buffer cache with a single I/O operation, also sequential access is better. Vice versa, if the size is too high, there can be waste of disc storage and also buffer cache [19].

Show parameters db_block_size		
NAME	TYPE	VALUE
db_block_size	integer	8192

Figure 6. Default block size settings

The maximum size of the single data file is 128TB for a tablespace with 32KB blocks and 32TB for a tablespace with 8KB blocks.

Performance and database manageability can be improved according to these methods:

- *contention reduction*,
- *reduced row chaining*, when managing LOB files,
- *faster scans – full table scans* benefits from larger block size – one loaded block contains more rows.

Using Experiment section, we will deal with the size of the block and impact of performance. Fig. 7 shows the syntax of tablespace definition. For purposes of this paper, we deal only with reduced syntax with emphasis on the necessary clauses for us. More can be found in [6] [18].

Each tablespace must have unique name. In case the example, the name is “*mk_tablespace8*” delimited by the data file located in “*/home/kvet1/tablespace/mk_tablespace.dbf*” stated after *datafile* clause. Also size of the extents for tablespace can be defined using “*extent management local uniform size*”. From our point of view, the most significant clause influencing performance is *blocksize* (fig. 7).

```
create tablespace mk_tablespace
datafile '/home/kvet1/tablespace/mk_tablespace.dbf'
size 500M
extent management local uniform size 1M
blocksize 8K;
```

Figure 7. Tablespace definition

When trying to create tablespace with different block size (2KB, 4KB, 16KB or 32KB) and default value for block is 8KB, exception will be raised expressing incompatibility of physical block size and structure of buffer cache (fig. 8).

```
ORA-29339:
tablespace block size does not match configured block sizes
```

Figure 8. Exception - incompatibility of block size

Therefore, before creating a tablespace itself, it is necessary to set memory storage space in the buffer cache for particular block size. For our example, size reserved for 16KB blocks is set to 64MB (fig. 9). *DB_cache_size* parameter is dynamic, thanks to which there is no need to restart the database.

```
Alter system set db_16k_cache_size = 64M;
```

Figure 9. Altering system - changing buffer cache parameters

Actual values for *DB_cache_size* can be obtained using the following notation (fig. 10) or by querying *v\$parameter* view, which displays information about the initialization parameters that are currently in effect for the session (fig. 11).

Show parameters cache_size		
NAME	TYPE	VALUE
client_result_cache_size	big integer	0
db_16k_cache_size	big integer	0
db_2k_cache_size	big integer	0
db_32k_cache_size	big integer	0
db_4k_cache_size	big integer	0
db_8k_cache_size	big integer	0
db_cache_size	big integer	0
db_flash_cache_size	big integer	0
db_keep_cache_size	big integer	0
db_recycle_cache_size	big integer	0

Figure 10. Cache_size parameters

```
SELECT name, value
FROM v$parameter
WHERE UPPER(name) = 'DB_16K_CACHE_SIZE';
```

Figure 11. Cache_size parameters using v\$parameter view

VI. EXPERIMENTS

Our experiments and evaluations were performed using defined example table - *employee*. Fig. 12 shows the structure of the table. 50 departments were used, each consisting of 1000 employees, each of them was delimited by 20 different salaries over the time. Thus, total number of rows was one million. No constraints like primary key were defined, because primary key automatically defines a unique index.

Name	Meaning	Data type
ID	Personal number of employee	Integer
BD	Time period of the row validity	Date
ED	(BD – Begin date, ED – End date)	Date
NAME	Name of the employee	Varchar2(30)
SURNAME	Surname of the employee	Varchar2(30)
DEPT_ID	Department affiliation	Integer
SALARY	Salary during defined period	Integer

Figure 12. Employee table structure

Experiment results were provided using Oracle Database 11g Enterprise Edition Release 11.2.0.1.0 - 64bit Production; PL/SQL Release 11.2.0.1.0 – Production. Parameters of used computer are: processor: Intel Xeon E5620; 2,4GHz (8 cores), operation memory: 16GB and HDD: 500GB.

Experiment results comparison was obtained using *autotracing*. These parameters were monitored:

- *access method (operation)*,
- *CPU costs (in [%])*,
- *processing time (in [hh:mi:ss])*.

In the basic test environment, attributes *name*, *surname* and *salary* have been selected, 0,5% of all rows were required (fig. 13). Buffer cache size was set to the value 64MB.

```
select name, surname, salary
from employee
where id<5000;
```

Figure 13. Experimental Select statement

First part of the experiments deal with three different B+tree index structures with different access methods. Moreover, it must be said, there is no primary key definition, since this index type (automatically delimited as unique consisting of all primary key attributes in order of their definition) would affect measured results. Thus, we deal with these three access methods:

- no explicitly defined index
- index 1 (fig. 14):

```
Create index index1
on employee(id);
```

Figure 14. Index index1 definition

- index 2 (fig. 15):

```
Create index index2
on employee(id, name, surname, salary);
```

Figure 15. Index index2 definition

- index 3 (fig. 16):

```
Create index index3
on employee(dept_id, id, name, surname, salary);
```

Figure 16. Index index3 definition

Next figure (fig. 17) shows the experiment results for standard 8KB tablespace data file block. As we can see, the best index for defined *Select* statement is *index2*, whereas the best attribute order is delimited by *Where* clause followed by *Select* clause. The difference between the solution without an explicit definition (reference 100%) of the index and *index2* is 27, 87% using *costs* and 31, 82%, when comparing *processing time*. It uses *index range method* without direct access to the table data themselves.

Access method	No index	Index1	Index2	Index3
	TABLE ACCESS FULL	TABLE ACCESS BY INDEX ROWID	INDEX RANGE SCAN	INDEX RANGE SCAN
Costs	1830	1672	234	510
Time [hh:mi:ss]	00:00:22	00:00:21	00:00:03	00:00:07
Consistent gets	13339	14872	7214	12004
Physical reads	6612	210	474	5278

Figure 17. Experiment results – 1.part

On the basis of the previous experiments, contribution of evaluated index *index2* was clearly confirmed. In this section we will discuss impact and consequences of the change of data file block size. For these purposes, index structures are located in tablespaces with 8KB data block. Size of the table data block was 2KB, 4KB, 8KB, 16KB and 32KB. Fig. 18 shows the performance results.

	2KB	4KB	8KB	16KB	32KB
	Data table block				
Access method	INDEX RANGE SCAN				
Costs	467	553	510	841	340
Time [hh:mi:ss]	00:00:06	00:00:07	00:00:07	00:00:11	00:00:05

Figure 18. Experiment results – 2.part

Based on the experiment results, it is clearly demonstrated that the combination of different block size for the index and the data themselves is not suitable, respectively comprehensive verifiable improvement has not been achieved, although by using 32KB table block compared to 8KB block (reference 100%), improvement of level 33, 33% for *costs* and 28, 57% for *processing time* was performed. On the other hand, by using 16KB data block, there is slowdown 64, 90% for *costs* and 57, 14%. It is caused by the mapping conversion responsibility and processing. The consequence is, that each block type results vary significantly (fig. 19).

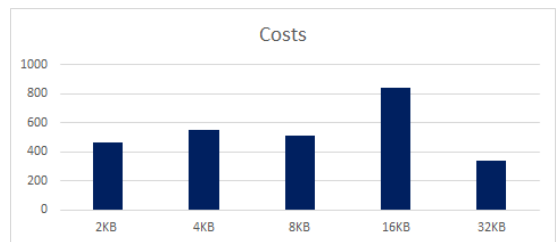


Figure 19. Processing costs

The last part of the experiments is based on locating data and index to the same tablespace, thus the block size is the same. By eliminating the requirement for mapping and conversion, significant improvement is achieved (fig. 20). Performance results are also shown in graphs (costs - fig. 21, time processing - fig. 22).

	2KB	4KB	8KB	16KB	32KB
	Data table block + data index block				
Access method	INDEX RANGE SCAN				
Costs	2062	1140	510	416	85
Time [hh:mi:ss]	00:00:25	00:00:14	00:00:07	00:00:05	00:00:02

Figure 20. Experiment results - 3.part

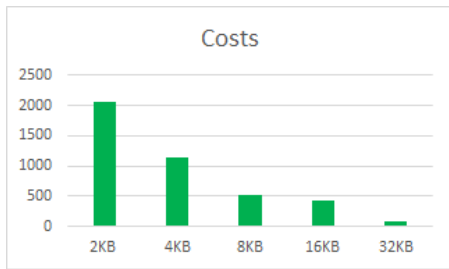


Figure 21. Costs

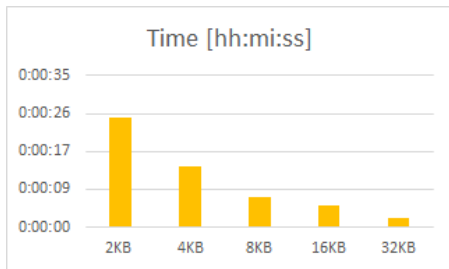


Figure 22. Processing time

Fig. 23 shows the percentage performance improvement. Again, the reference model was the system with block size of 8KB.

	16KB	32KB
Costs improvement	18, 43%	83, 33%
Time improvement	28, 57%	71, 43%

Figure 23. Performance improvement

Based on evaluated experiments, there can be said and highlighted the impact of index structures on system performance. Processing time and CPU costs were evaluated. However, using another post-optimization technique, we can get even further improved performance. By setting server tablespace block size, the number of I/O operations can be decreased, which is significantly reflected by measured performance parameters, in our experiment environment even more than 80%. Thanks to the possibilities of combining different block sizes in tablespaces, we can get tailor-made solution

VII. CONCLUSION

The efficiency of data management solutions affects the performance of any of the information systems. The amount of processed data is continuously growing and the emphasis on performance increases. The architecture of the database system offers the possibility of changing the data management, which influences the processes and modelling techniques. In the first part of this paper, we deal with the tablespace as the interface between the physical data

representation in data files and access through database server. Although some tablespace types are generated automatically, database administrators and users can add new ones and manage them explicitly. In the second and third section, we propose index structure definition, briefly describe individual types and characteristics and explain the importance of virtual indexes. Then we put the emphasis on block size for either tables, but also indexes, which require changes not only at the level of data files, but also memory management in the buffer cache as well. In the experiment section, different approaches based on indexes and block size are described and evaluated with emphasis on CPU costs and processing time.

During the future research and development, we will deal with the virtual table columns definition, index fragmentation and data distribution.

ACKNOWLEDGMENT

This publication is the result of the project implementation:

Centre of excellence for systems and services of intelligent transport II., ITMS 26220120050 supported by the Research & Development Operational Programme funded by the ERDF.



This work was partially supported by the project:

Creating a new diagnostic algorithm for selected cancers, ITMS project code: 26220220022 co-financed by the EU and the European Regional Development Fund.

References

- [1] L. Ashdown and T. Kyte, "Oracle database concepts", Oracle Press, 2015.
- [2] S. Feuerstein, S., "Oracle PL/SQL Programming", O'Reilly, 2014.
- [3] P. Huey, "Oracle Database Security Guide", Oracle Press, 2014.
- [4] J. Janáček, M. Kvet, "Min-Max Optimization Of Emergency Service System By Exposing Constraints", in Communications: Scientific Letters of the University of Žilina, volume 2/2015, 2015, pp. 15 – 22
- [5] J. Janáček, M. Kvet, "Public service system design by radial formulation with dividing points", in Procedia computer science Vol. 51, 2015, pp. 2277 – 2286
- [6] J. Janáček, M. Kvet, "Emergency System Design with Temporarily Failing Centers", in SOR 15: Proceedings of the 13th International Symposium on Operational Research, Ljubljana: Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research, 2015, pp. 490 – 495

- [7] T. Johnston and R. Weis, "Managing Time in Relational Databases", Morgan Kaufmann, 2010.
- [8] D. Kuhn D, et al., "Expert Indexing in Oracle Database 11g", Apress 2012.
- [9] M. Kvet, "Temporal data approach performance", APSAC 2015, pp. 75 – 83.
- [10] M. Kvet and K. Matiaško, "Temporal Context Manager". 2015. SDOT Žilina, pp. 93-103.
- [11] M. Kvet and K. Matiaško, "Transaction Management". 2014. CISTI, Barcelona, pp.868-873.
- [12] T. Kyte and D. Kurn, "Expert Oracle Database Architecture", Apress, 2014.
- [13] K. Matiaško, et al., "Database systems". EDIS, 2008.
- [14] H. Molina, et al., "Database systems – The complete book", Pearson, 2008.
- [15] R. Niemiec, "Oracle Query Tuning", Oracle Press, 2014.
- [16] R. Rood, et al., "Oracle Advanced PL/SQL Developer Professional Guide", Packt Publishers, 2012.
- [17] G. Simsion and G. Witt, "Data Modeling Essentials", Morgan Kaufmann, 2005.
- [18] Watson, J.: OCA Oracle Database 11g Administration, Oracle Press, 2008.
- [19] Chong, E. et al.: B+-tree indexes with hybrid row identifiers in Oracle8i, Data Engineering, 2001.

Controlo de Portão Automático por Microcontrolador

Automatic for Microcontroller Gate Control

Prof. António Ferreira; Docente Paulo Correia;
Aluno Bruno Oliveira; Aluno Fábio Ribeiro;
Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Escola
Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto
Superior Politécnico de Viseu
Viseu, Portugal
Elect@ESTGV.IPV:PT

Resumo — Este projeto tem como base o desenvolvimento de um sistema controlo de um portão de acesso automóvel através da utilização de novas tecnologias da informação. A utilização de um microcontrolador na implementação do controlo do sistema, permitiu, por um lado obter um sistema relativamente barato, e por outro lado, implementando tecnologias de comunicação para uma maior interação da parte do utilizador, dotar o mesmo com um conjunto de novas funcionalidades, não disponíveis nos sistemas tradicionais.

Palavras Chave - *tecnologias de comunicação; microcontroladores.*

Abstract — This project is based on the development of a control system of a vehicle access gate through the use of new information technologies. The use of a microcontroller to implement the system control, allows on one hand to obtain a relatively cheap system, and secondly, implementing communication technologies for a more interaction from the user, providing the same with a set of new features not available in traditional systems.

Keywords - *communication technologies; microcontrollers.*

II. INTRODUÇÃO

Este projeto teve com objetivos principais: mostrar as vantagens da utilização das tecnologias da informação, e mais concretamente do microeletrónica, na implementação de sistema tradicionalmente construídos com eletrónica analógica. Com estes sistemas, consegue-se, por um lado, baixar o preço final do produto, e por outro lado aumentar substancialmente as suas funcionalidades.

A redução dos custos da microeletrónica, microcontroladores e dos sistemas neles baseados, levou-nos a repensar a implementação de alguns sistemas de controlo, utilizando estas tecnologias. Neste contexto, decidimos projetar um sistema de controlo de abertura de um portão, utilizando o a placa controladora Arduino.

Este projeto teve duas fases, uma primeira, na qual foi desenvolvido um protótipo que implementa as funções presentes num sistema de controlo de abertura de um portão tradicional, a função básica de abertura e fecho do Portão de Forma automática com comando á distância por radiofrequência; numa segunda fase procedeu-se á implementação de tecnologias de comunicação que permitam o Controlo do mesmo através do telemóvel (Bluetooth), o Controlo do Portão através da Tecnologia RFID, e o Controlo automático á distância, por wireless. Outras funções adicionais foram implementadas, tais como a informação ao utilizador da presença de correspondência caixa de correio, e o controlo de acesso via teclado codificado.

Assim apresenta-se uma solução versátil, com algumas funcionalidades inovadoras, de forma a ser o mais completo possível e que corresponda áquilo que são as necessidades do utilizador comum, com um custo baixo.

III. DESCRIÇÃO TÉCNICA

O projeto tem como ponto de partida o estudo de um sistema convencional de abertura/fecho de um vulgar portão de acesso a uma vivenda (Fig.1) com controlo remoto por rádio frequência, com a finalidade de se munir o sistema com funções mais avançadas tecnologicamente, mas cujo o preço final do sistema seja baixo.



Figure 1. Exemplo de portões de acesso

Após uma análise de todas as variáveis que se pretendeu implementar, e feito um estudo económico, o microcontrolador mais apto para substituir o sistema tradicional, foi o ATmega1280, com capacidade de 54 pinos digitais de entrada / saída, e com uma memória de 128kbits (Fig.2).

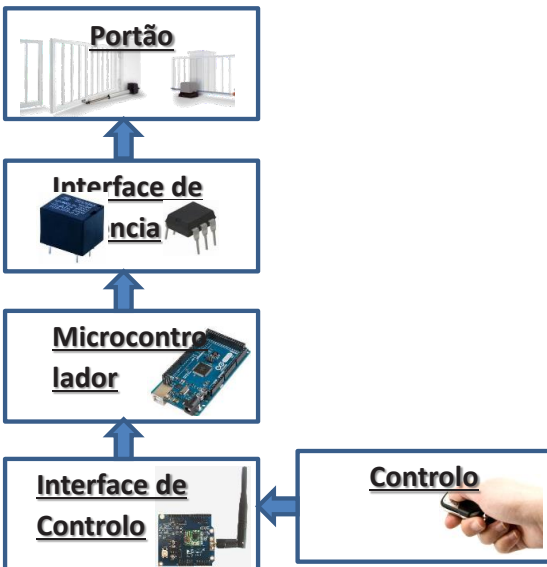


Figure 2. Esquema de funcionamento do sistema de abertura/fecho de portão

Como referido, o sistema é constituído por uma função base, que se trata de abrir/fechar o portão com auxílio de um comando remoto com tecnologia radiofrequência (400MHz). Esta função além de permitir a abertura/fecho, permite que o portão feche automaticamente após um tempo pré-definido. Possui ainda uma saída a relé (230Volt), que permite, após ter sido dado o sinal de abertura do portão, ligar por exemplo a iluminação do jardim, ou outra, durante um intervalo de tempo.

Implementado o sistema de controlo por comando por rádio frequência, o estudo virou-se para a implementação dos outros modos de funcionamento, com outras tecnologias de comunicação (Fig.3).



Figure 3. Esquema de funcionamento do sistema de abertura/fecho de portão

Além do tradicional comando remoto, com recurso a um módulo de hardware extra, é possível a utilização de um teclado codificado (Fig.4) para controlo do portão. Com este módulo é possível atribuir a vários utilizadores códigos de acesso secretos, sendo assim possível saber, com recurso a base de dados, as horas, datas de entrada e saída dos mesmos. Esta função pode ser especialmente interessante, quando é necessário que utilizadores esporádicos, ou utilizadores fora do seio familiar, necessitem de entrar/sair da moradia. A título de exemplo, pode ser atribuído um código de acesso à empregada doméstica, e desta forma é possível saber a que horas entrou e saiu da casa.



Figure 4. Protótipo do módulo de acesso via teclado codificado

Baseado na tecnologia RFID (Fig.5) (Radio Frequency Identification – Identificação por Rádio Frequência), foi concebido um módulo cujo o controlo do portão é feito com recurso a um cartão/ chave codificada. Quando o utilizador,

com a chave ou cartão codificado, se aproxima do sistema é dada a ordem de abertura/fecho do portão.

Composta por transponders (RF tags), e um controlador, RFID é uma tecnologia de identificação que utiliza a radio frequência para capturar os dados, permitindo que uma tag seja lida sem a necessidade de campo visual. É uma tecnologia simples, embora com algumas limitações, tais como a faixa de radio frequência, o alcance, a interferência, e a barreiras às ondas de rádio.

Esta função pode ser especialmente interessante no caso de o utilizador fazer uma utilização pedonal do portão, bastando para tal trazer consigo o cartão magnético.

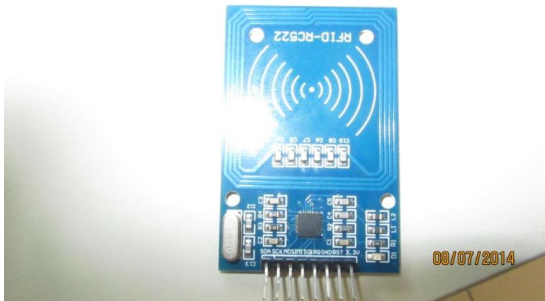


Figure 5. Módulo RFID utilizado

Outro módulo disponível (Fig.6), é o de controlo via Smartphones/telemóveis utilizando a tecnologia Bluetooth. Para tal, foi necessário desenvolver uma aplicação para Android. Para tal recorreu-se a uma aplicação web de código aberto, “App inventor”. Com a aplicação desenvolvida, ao inicia-la no telemóvel o mesmo estará pronto para se conectar com o Microcontrolador (caso esteja dentro num raio de ação de 10 metros). Quando se conectar a receção e envio de dados estará disponível. A aplicação permite dar ordem de abertura ou fecho do portão. Adicionalmente, fazendo usufruto desta tecnologia, implementou-se uma função auxiliar que permite que o utilizador seja informado se existe ou não correio dentro da caixa, evitando assim o incómodo de ter de sair do carro para verificar manualmente. Para tal ser possível, a caixa de correia possui um sensor que emite um sinal ao microcontrolador, quando é colocada correspondência.

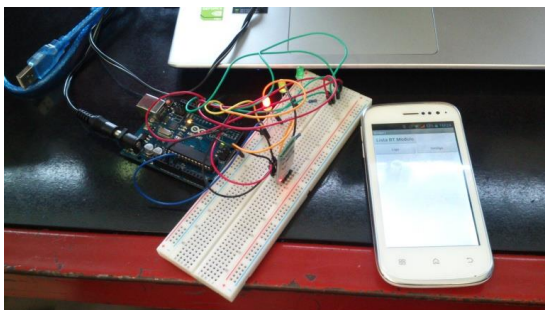


Figure 6. Prototipo do modulo de acesso via Smartphones/telemóveis

Esta forma de controlo do portão, ganha relevância, sobretudo no caso de avaria ou esquecimento do comando remoto tradicional, ou quando se pretende entrar/sair da moradia por meio pedonal, sem ter de levar o comando remoto, ou chaves de acesso.

Com vista a reduzir a intervenção do utilizador no que toca ao controlo de abertura/fecho do portão, desenvolveu-se um módulo aplicável no veículo (ligado a um ponto de 12Volt). Este módulo (Fig.7), permite que quando o automóvel se aproxima da moradia (dentro de um certo raio de ação), o microcontrolador receba um sinal/comando de abertura, utilizando a tecnologia wireless. Desta forma quando o utilizador chega junto do portão, o mesmo já estará aberto (ou em fase de abertura), sem ser necessária qualquer intervenção. O fecho do mesmo, é feito também de forma automática, passado um intervalo de tempo após o comando de abertura.

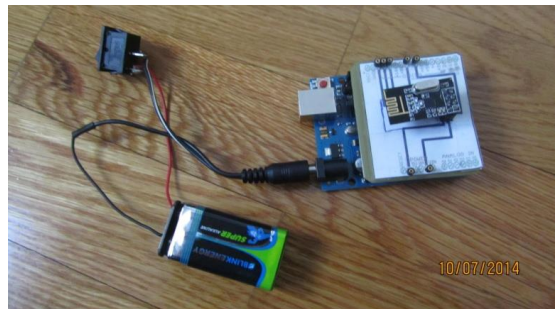


Figure 7. Prototipo do modulo de acesso via automovel

Na (Fig.7) é apresentado o prototipo do portão construído para o efeito, onde estão a funcionar as tecnologias descritas anteriormente. Ainda neste prototipo foi desenvolvido um sistema de redundancia que permite controlar o portão a partir de um PLC.



Figure 8. Vista geral do prototipo

IV. CONCLUSÕES

Com este projeto, pretendeu-se desenvolver um trabalho, que, tirando partido da utilização das tecnologias da informação já existentes, permitiu dotar um sistema de controlo de abertura e fecho de um portão (Sistemas analógicos, atualmente em uso, e com milhões de utilizações em todo o mundo), com “*inteligência Local*” que permitiu adicionar mais modernas e recentes tecnologias de controlo de acesso.

A maior valia deste projeto, advém do facto de, no futuro este sistema poder vir a facilitar a sua integração nos sistemas

de domótica instalados, trabalho esse, que ainda carece de desenvolvimento.

A solução encontrada, é competitiva, ao nível dos custos com as existentes no mercado. Na implementação optou-se pela utilização de componentes, ao nível de hardware, já existentes no mercado; no entanto, numa produção industrial, parte destes módulos poderão vir a ser desenvolvidos e integrados de forma a diminuir o tamanho e o preço do sistema final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] José Manuel Martins Ferreira, “Introdução ao projecto com sistemas digitais e microcontroladores”, 1998.
- [2] Victor Gonçalves, “Sistemas electrónicos com microcontroladores”, 2005.
- [3] Holger Karl, Andreas Willig, “Protocols and architectures for wireless sensor networks”, 2007.
- [4] Shane Conder, “Lauren Darcey, Android wireless application development”, 2011.
- [5] Robert Morrow, “Bluetooth operation and use”, 2002.
- [6] Paulo J. Craveiro Ferreira, “Arduino science kits : Plataforma open-hardware para práticas laboratoriais no ensino das ciências experimentais”, unpublished.
- [7] Massimo Banzi, “Getting Started with Arduino, 2nd Edition”, 2011.
- [8] Enrique Ramos Melgar, “Ciriaco Castro Diez, Arduino and Kinect Projects”, 2012.
- [9] John Boxall, “A Hands-On Introduction with 65 Projects”, 2013.

Brasilia's Database Community Profile

Jane Adriana and Maristela Holanda
Department of Computer Science
University of Brasilia
Brasilia DF, Brazil
Janeadriana88@gmail.com, mholanda@unb.br

Abstract — With the ever increasing growth in the volume of data generated on the web, database administration has gained an essential role in the management of databases. The adoption of best practices and procedures, therefore, is essential for the operation of database management systems. Thus, this paper investigates some of the techniques and tools used by database administrators. The study highlights features and particularities in databases within the area of Brasilia, the Capital of Brazil. The results point to the issues, and new technologies regarding database management, which are currently the most relevant.

Keywords - NoSQL, database administration, best practices.

I. INTRODUCTION

Database administration is defined as a set of management tasks and database maintenance, from database projects, analysis, privilege granting, backup, retrieval and recovery. The database management activities are performed by database administrators (DBA). Database management requires particular DBA expertise to run adequate practices and procedures on databases. There are many complex tasks related to the database community, and how Aiken *et al.* [6] suggest that "data management is still evolving". Large enterprises, such as public institutions, multinational corporations, financial and telecommunications companies have exceptional database administrators for managing database systems, to ensure availability and reliability, wherever it is requested.

With advances on the internet, the world is becoming increasingly connected, and, subsequently, the volume of information continues to grow exponentially. In a review of the International Data Corporation, Tauro *et al.* [4] showed an increase of nearly 25 times the volume of data between 2007 and 2010. In Lowell [5], a summary of a group of academic database researchers affirms: "Database needs are changing, driven by the internet and increasing amounts of scientific and sensor data". New technologies enable the sharing of resources, but also add to the complexity of data management. Thus, with the growing volume of data and the use of NoSQL databases [2], the adoption of practices and procedures for carrying out database administration prove to be a new and primary challenge.

This article presents the results of a survey, which investigated the environment and procedures used by database administrators, and special NoSQL database administration in the Brasilia, the Capital of Brazil. Brasilia represents a technological central because of the Government Systems. The main objective is to investigate how database administrators

manage database systems through their methods and practices. Further aims were to investigate the database administrators with new technologies, such as NoSQL databases.

The survey shows the situation of the community in Brasilia, and the current work scenario, techniques, procedures and practices used by the DBA. The results reported in this article highlight the database needs, which will help database communities and enterprises to identify relevant questions in the area of databases, and improvements that could be adopted. This research was based on the work of Holt *et al.* [3]. Their study included interviews of a disperse database community to identify what practices and procedures were utilized in the database lifecycle.

The remainder of this article is organized in 5 sections. In Section II, the survey is presented. In Section III, the results obtained in each question are described. In Section IV, the results analysis are presented. Finally, in Section V, the conclusions are presented.

II. THE SURVEY

For this study, a survey was chosen because it generates information from a brief interview with respondents about a specific topic. The survey reported here uses an elaborated questionnaire intended to cover aspects of the database area, exploring topics such as architecture, design, security, cloud database, database management and training.

This survey was web-based and obtained via e-mail and also social networks, such as Twitter, Facebook and WhatsApp. We collected data as widely as possible across the database community in Brasilia. The questionnaire was comprised of 20 different types of questions, including dichotomous, multiple choice and Likert scale [7]. The survey instrument used was Google Forms, and the link is https://docs.google.com/forms/d/1nlpqcWVjW4oWnkH96JdTe15ZXqoaHZ2no-Jp2ZWH3_s/viewform?usp=send_form. The survey was done between May 25 and June 20, 2015, with 44 respondents.

The goal of the survey was to identify database management methods, practices and procedures, which are used in the database lifecycle. We also aimed to collect demographic data on the DBA, and investigate their level of expertise in new technologies in the field of database management.

The research investigated practices and techniques used by DBA together with database architecture, demographics and training, and also DBA knowledge about new technologies in the field of database management. The survey covered different class organizations, servers, databases, change management, and new technologies, such as NoSQL databases.

III. THE RESULTS

A. Database Administrator Expertise

The respondents (40%) have over 11 years of experience in database administration, and more than 33.3% are between 2 (two) and five (5) years of experience in the database field (Fig. 1).

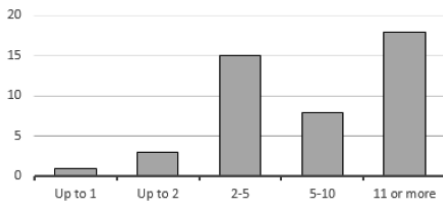


Figure 1. DBA Expertize (in years).

The majority are familiar with relational databases, as shown in Fig. 2, where only 11.1% have experience with NoSQL databases, indicating that this is a new concept for most respondents.

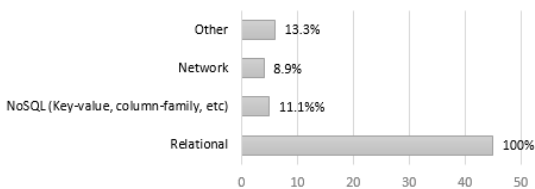


Figure 2. Database Models.

B. Enterprise Demographics

Table 1 shows, 64.4% of respondents worked in large organizations with 500 employees or more.

TABLE I. ENTERPRISE'S NUMBERS

Enterprise	Responses	%
Up to 100	2	4.4
100-300	6	13.3
301-500	4	8.9
501 or more	29	64.4

The majority, 97.8% use the owner platform, and 15.6% that adopt cloud infrastructure (Fig. 3).

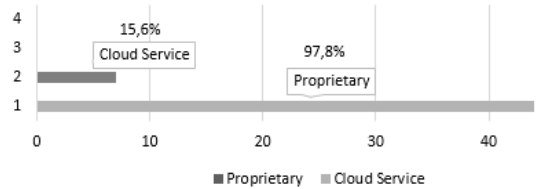


Figure 3. Platforms.

In addition, Table 2 shows, 33.3% are between 11-50 databases, with 46.7% reporting 100 databases or more.

TABLE II. DATABASE DEMOGRAPHIC IN ENTERPRISES

Demographic	Responses	%
Up to 10	5	11.1
11-50	15	33.3
51-100	4	8.9
101 or more	21	46.7

In 50% of the organizations there are between 2 and 5 database administrators, and 11.1% reported only one DBA (Fig. 4).

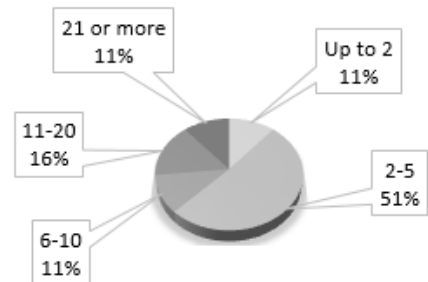


Figure 4. DBA Demographics.

For 46.7%, the database size is between 1TB-20TB, and 28.9% is above 20TB, as shown in Table 3.

TABLE III. DATABASE SIZE

Size	Responses	%
Up to 100GB	2	4.4
101-500GB	6	13.3
501GB-1TB	2	4.4
1-20TB	21	46.7

Size	Responses	%
20TB or more	13	28.9

Figure 6. Concerns.

C. Database Demographics

As shown in Fig. 5, large enterprises usually use relational databases, but new models are also on the rise.

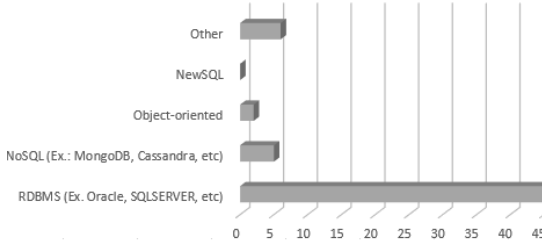


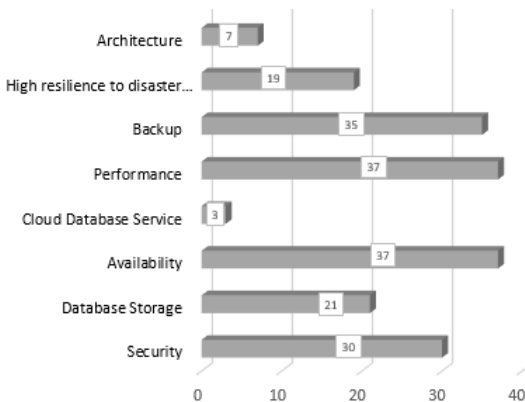
Figure 5. Database Models.

For database changes, 42.2% reported some structural change (command execution, schema changes, object creation) and were carried out weekly (Table 4).

TABLE IV. STRUCTURAL CHANGES

Changes	Responses	%
Up to 2	5	11.1
1-10	19	42.2
11-20	8	17.8
21-40	6	13.3
40 or more	6	13.3

Fig. 6 shows that organizations are greatly concerned about the security requirements, availability, performance and backup.



D. SQL Language

Regarding the use of the SQL language, 59.1% of DBAs use it as a tool for database administration (Fig. 7).

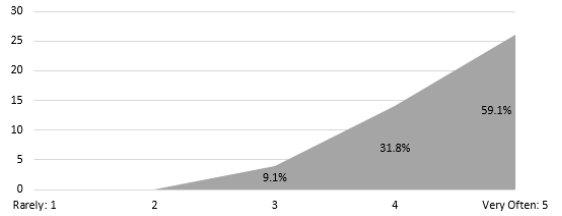


Figure 7. SQL Language.

E. Training

With regard to training, the following statistics present percentages of the essential elements: 95.6% had engaged in self-study, and 82.2% read articles and research on forums, 51.1% were trained in a provider course, and 28.9% have the opportunity to attend external database conferences and workshops (Fig. 8).

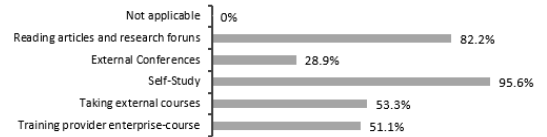


Figure 8. Trainings.

Only 2 of the respondents reported working on or having knowledge of BigData (Fig. 9).

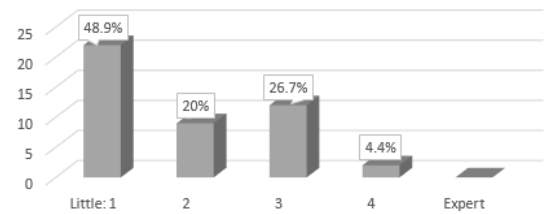


Figure 9. BigData.

As presented in Fig. 10, NoSQL databases are new for 46.7% of the respondents.

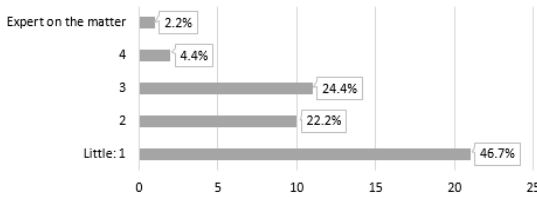


Figure 10. NoSQL Knowledge

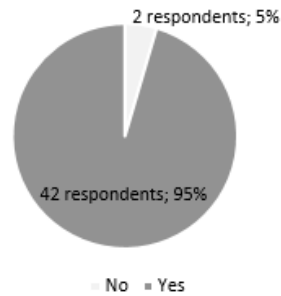


Figure 13. High Level Language.

Respondents, at the rate of 80%, also consider that distinct database systems, together with some peculiarities, require a high level of expertise, for complex database administration, which creates the need for frequent training/studies (Fig. 11).

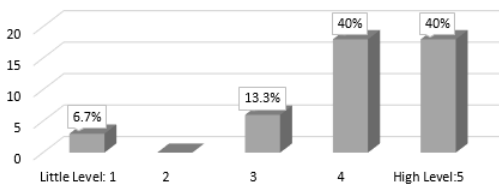


Figure 11. Specialization Level.

F. Encouragement

As seen in Fig. 12, the use of administrative tools for distinct database models is encouraging for 80% of respondents.

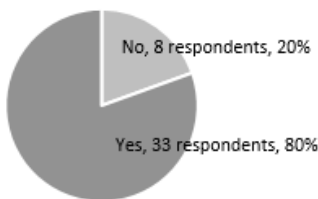


Figure 12. Tools.

A high-level query language is considered essential for 95% of respondents (Fig. 13).

IV. RESULTS ANALYSIS

The analysis of the findings from the survey suggests interesting points:

- The cloud database is becoming a choice to enterprises so that the results show 11% use the NoSQL databases, and 6% are concerned about the cloud database services. However, the survey highlight only 2% of respondents has NoSQL knowledge and 4% knows BigData concepts.
- Overall the majority of DBAs consider that a high-level query language is essential to database management, and half use SQL language as essential database tool.
- The respondents consider that database systems require a high level of expertise, and the use of administrative tools for distinct database models is encouraging for 80% of them.
- There are various tools to database management where the survey suggests that SQL language is the most applicable and provide user-friendly query languages have been found an interesting option for majority of DBAs.

V. CONCLUSIONS

Database systems must provide data structures and advanced techniques to improve access and retrieval activities for data management. For the management of large volumes of data, new models are being implemented, such as NoSQL. However, the analysis of the findings from the survey suggests the respondents (database administrators) are not familiar with these new systems. There are many components in database administration so practices and procedures may be affected by these.

The possibility of providing user-friendly query languages and exhibiting the results efficiently has been found to be an interesting option for DBAs. NoSQL databases rely on heterogeneous query languages, but create a common query language or a common metalayer to translate commands. This appears to be a good option for improving the use of this type of database.

REFERENCES

- [1] L. Yan, "Handbook of Research on Innovative Database Query Processing Techniques. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics", China, 2015. doi: 10.4018/978-1-4666-8767-7
- [2] J. Adriana and M. Holanda, "Query Languages in NoSQL Databases. Chapter of Handbook of Research on Innovative Database Query Processing Techniques". IGI Global, 2015. doi: 10.4018/978-1-4666-8767-7.ch015
- [3] V. Holt, M. Ramage, K. Kear, and N. Heap, "The usage of best practices and procedures in the database community". Department of Computing & Communications, Faculty of Mathematics, Computing and Technology, The Open University, UK, 2015. doi:10.1016/j.is.2014.12.004 .
- [4] A. Tauro, and A. Shreeharsha, "Comparative study of the new generation, agile, scalable, high performance nosql databases", International Journal of Computer Applications, vol. 48, pp. 1- 4, 2012. doi: 10.5120/7461-0336 .
- [5] S. Abiteboul., R. Agrawal, P. Bernstein, M. Carey, S. Ceri, B. Croft, and J. Naughton, "The Lowell database research self-assessment", Published as Microsoft Technical Report MSR-TR-2003-69, pp. 1-10, 2003.
- [6] P. Aiken, M. Gillenson, X. Zhang and D. Rafner, "Data management and data administration: assessing 25 years of practice", J. Database Manag. Vol. 22, pp. 24-44, 2011. doi: 10.4018/jdm.2011070102.
- [7] Likert Avaliable: <http://repository.ust.hk/ir/Record/1783.1-17657>, Accessed : Apr. 2016.

Gerência de Configuração para Testes Automatizados em uma Fábrica de Software: Um estudo de caso

Configuration Management to Tests Automations in a Software Factory: A case study

Marcelo Ferreira, Carlos Santos,
Tereza Novais, Carlos Albuquerque
¹Recife Centre for Advanced Studies
and Systems – CESAR
Rua Bione, 220, 50.540-740
Recife, PE, Brazil
{marsantosfer, carlosdombosco, tereza
novais, carlosjca}@gmail.com

Ivaldir Honório de Farias Junior
²Softex Recife
R. Domingos José Martins, 75
Recife Antigo - 50030-200
Recife, PE, Brazil
ivaldirjr@gmail.com

Ana Paula Cavalcanti Furtado^{1,3}
³Federal University of Pernambuco
Informatics Centre - CIn
Cidade Universitária – 50.540-740
Recife, Brazil
anapaula.cavalcanti@gmail.com

Resumo — A rastreabilidade de artefatos durante o processo de desenvolvimento de software permite reusabilidade, incremento de qualidade, e produtividade. Os requisitos de software devem ser rastreáveis, pois representam as demandas de um produto de software. Em diversos processos durante o ciclo de desenvolvimento de software, os requisitos relacionam-se com outros artefatos tais como massa de testes, e scripts automatizados. A gerência de configuração garante a utilização da versão correta de insumos para testes automatizados perante as versões de requisitos de software. Esta pesquisa propõe um processo integrado, da gestão de configuração dos requisitos à massa de testes automatizados, utilizado no processo de desenvolvimento de software. Este artigo apresenta um estudo sobre o efeito da ausência de gerência de configuração sobre o controle de versões entre artefatos de software.

Palavras Chave – gerência de configuração, reuso, automação de testes, rastreabilidade, requisitos de software.

Abstract — Artifact traceability during software development allows reusability and increases quality and productivity. Software requirements should be traceable because they represent the needs of a certain software product. In several processes during software development cycle, requirements being related to other artifacts such as test suites and automation scripts. Configuration management assures the usage of an input file version corresponding to a software requirements version during automated tests. This research proposes an integrated process for software development, using configuration management from requirements up to test suites for automated tests. This article describes the effect of absence of configuration management on the control over software artifacts versions.

Keywords – Configuration Management, reuse, tests automations, traceability, software requirements.

I. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por produtos de qualidade, produzidos em menor tempo e em menor custo, exige tanto do mundo acadêmico quanto da indústria estratégias e ações que

atendam a estes objetivos. Entretanto a produção de software, por ser uma indústria de bens intangíveis, tem por desafio possuir um processo de produção similar a uma indústria, possuindo processo com entradas, ferramentas, técnicas e saídas esperadas. Porém, software é moldado às necessidades do cliente, que expressam suas demandas através de requisitos funcionais, e não funcionais, os quais serão artefatos de entrada para vários processos da fábrica de software[1].

Durante o processo de desenvolvimento de um software os requisitos podem sofrer alterações, quer sejam por necessidades de mercado ou por imposição legal, sendo assim faz-se necessário a rastreabilidade dos artefatos que foram produzidos durante o processo de construção de software [2].

Este paper tem como objetivo apresentar cenários onde a falta de gerência de configuração impacta na utilização de ferramentas de testes automatizados, justificando assim a pesquisa de um processo integrado aplicado a fábricas de software orientada a produtos.

A gerência de configuração não realiza o controle relacional dos artefatos de software, este item será abordado na seção problemática, bem como, na sessão objetivo do trabalho estará disposto uma proposta de um processo integrado para gerência de configuração, que almeja garantir que os artefatos de testes estejam atualizados para um uso efetivo das ferramentas de testes automatizados.

II. PROBLEMÁTICA

A ausência de um controle de versão da massa de testes e ou scripts de testes utilizados pela automação de testes, perante os requisitos de software[3], causa uma falsa confiabilidade na aplicação de ferramentas automatizadas de testes. Desta forma, aplicações podem demonstrar não conformidades impactando na aceitação do produto de Software pelo cliente.

Apesar das informações e conteúdo presente nos requisitos de software[4], o processo de desenvolvimento adotado pela

fábrica de software[1] deveria contemplar a validação destes requisitos em suas subfases para garantir a continuidade das informações e seu entendimento, porém o isolamento dos requisitos após o término da fase de iniciação prejudica a validação de seu conteúdo, de suas alterações, podendo afetar o produto que será criado.

A Gerência de Configuração tem como unidade os itens de configuração[5], que são identificados, controlados, e mantidos, seguindo o plano de gerencia de configuração. Este controle realizado pela gerencia de configuração sobre os itens de configuração não abrangem as dependências e relacionamento entre os artefatos, ou seja, são unidades isoladas de controle, sem relação de dependência com demais artefatos de software. Neste contexto a gerencia de configuração tem a função de repositório de dados e código apenas.

A reusabilidade tanto dos artefatos gerados a partir dos requisitos de software, como também dos códigos fontes, massa de testes e ou scripts automatizados[6], é prejudicada pela ausência de dependência de relacionamentos entre os artefatos, gerando uma incerteza quanto a completude dos artefatos disponíveis, versionamento, e adequação as características do projeto atual[7]. Desta forma a cada novo ciclo de testes automatizados, deverá ser criada uma nova massa de testes, e ou scripts de testes automatizados, para validação dos requisitos mais atuais do software.

Os testes de software que tem como input os requisitos de software para elaboração do plano de testes e do projeto de testes são penalizados pela ausência de rastreabilidade dos requisitos, uma vez que, caso a alteração solicitada tenha sido acatada e realizada nos requisitos, e durante a fase de desenvolvimento esta informação foi descontinuada[3], teremos cenários onde produtos de software refletirão versões defasadas dos requisitos, impactando na certificação de um produto que não atende as especificações, gerando índices de retrabalho e solicitações de mudança, além de acarretar em mais um ciclo de desenvolvimento.

A automação de testes quando utilizada no processo de desenvolvimento de software[8], tem como principal função cobertura de testes de regressão, testes de massa, proporcionando a utilização de um analista de testes para acompanhamento e realização de testes de novas funcionalidades, e ou testes exploratórios. Entretanto usar uma ferramenta de automação de testes, torna-se inseguro quando a massa de dados ou scripts automatizados não estão condizentes com versões dos Requisitos de software, havendo assim um desperdício computacional, e de recursos humanos, recursos humanos estes que deverão cobrir áreas que foram inalcançadas pela falta de atualização e rastreabilidade dos artefatos, repercutindo no prazo de entrega do produto, e na qualidade da entrega dos produtos de software.

III. TRABALHOS RELACIONADOS

A rastreabilidade de requisitos de software foi objeto de estudo por Gotel[7] e por Antonio[4], onde foram realizadas entrevistas e questionários para identificação do suporte atual a rastreabilidade de requisitos, identificando também os problemas advindos dos provedores e dos usuarios que farão

uso dos requisitos de software, porém o foco da pesquisa foi limitado à fase de criação de requisitos. Nossa pesquisa tem como objetivo demonstrar que utilização da gerencia de configuração[4] na integração entre requisitos de software e massa de testes para ferramentas automatizadas poderia remediar o problema atualmente encontrado em fábricas de software.

IV. METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa terá como início uma revisão sistemática, com finalidade exploratória, entre artigos científicos de 2010 a 2015 nas bibliotecas IEEE, ACM, Scopus e, Science Direct. Além disso, é necessário avaliar o processo de gerência de configuração vigente na fábrica de software utilizada como estudo de caso; avaliar do processo de desenvolvimento de software; aplicar uma proposta de processo, analisando os pontos de desvios e realizando melhorias contínuas e por fim analisar os impactos da adoção do processo proposto.

V. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

A ausência de rastreabilidade entre os requisitos de software e massa de testes automatizados impacta no uso e adoção de ferramentas de testes automatizados, diminuindo assim a cobertura de testes, e produtividade na entrega do produto de software certificado. Como trabalho futuro será realizado um estudo de caso com a proposta de um processo integrado com gestão de configuração dos requisitos à massa de testes automatizados, utilizado no processo de desenvolvimento de software de uma fábrica orientada a produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] A. Metzger and K. Pohl, "Software Product Line Engineering and Variability Management: Achievements and Challenges," *Proc. Futur. Softw. Eng.*, pp. 70–84, 2014.
- [2] D. Yu, P. Geng, and W. Wu, "Constructing Traceability between Features and Requirements for Software Product Line Engineering.," *Proc. 9th Asia-Pacific Softw. Eng. Conf.*, pp. 27–34, 2012.
- [3] U. Ali and C. Kidd, "Barriers to effective configuration management application in a project context: An empirical investigation," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 32, no. 3, pp. 508–518, 2014.
- [4] G. Antonioli, G. Canfora, G. Casazza, A. De Lucia, and E. Merlo, "Recovering traceability links between code and documentation," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 28, no. 10, pp. 970–983, 2002.
- [5] T. View, C. M. Plans, and T. View, "IEEE Standard for Software Configuration Management Plans," *IEEE Std.*, vol. 2005, no. August, pp. 0{ }1–19, 2005.
- [6] R. Ramos, E. K. Piveta, J. Castro, J. Araújo, A. Moreira, P. Guerreiro, M. S. Pimenta, and R. T. Price, "Improving the Quality of Requirements with Refactoring," pp. 141–155, 2007.
- [7] O. C. Gotel, A. C. W. Finkelstein, and L. Sw, "An Analysis of the Requirements Traceability Problem Imperial College of Science , Technology & Medicine Department of Computing , 180 Queen ' s Gate," pp. 94–101, 1994.
- [8] K. Petersen and M. V. Mantyla, "Benefits and limitations of automated software testing: Systematic literature review and practitioner survey," *2012 7th Int. Work. Autom. Softw. Test*, pp. 36–42, 2012.

Un Algoritmo De Cardumen De Peces Artificial Para Resolver El Problema Del Conjunto De Cobertura

An Artificial Fish Swarm Algorithm Optimization to Solve Set Covering Problem

Broderick Crawford^{1,2}, Ricardo Soto^{1,3,4}, Eduardo Olguín²

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

² Universidad San Sebastián, Chile.

³ Universidad Autónoma de Chile, Chile.

⁴ Universidad Científica del Sur, Perú.

{broderick.crawford, ricardo.soto}@pucv.cl,
eduardo.olguin@uss.cl

Sebastián Mansilla Villablanca¹, Álvaro Gómez¹, Adrián Jaramillo¹, Juan Salas¹

Escuela de Ingeniería Informática

¹ Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Santiago, Chile

{sebastian.mansilla.v, alvaro.gomez.r, adrian.jaramillo.s,
juan.salas.f}@mail.pucv.cl

Resumen — El problema de cobertura de conjuntos, en inglés “*Set covering Problem*” (SCP), consiste en encontrar un conjunto de soluciones que permitan cubrir un conjunto de necesidades al menor costo posible. Hay muchas aplicaciones de este problema como instalación de ciertos servicios como compañías de bomberos. El SCP ha sido resuelto anteriormente con diferentes algoritmos como algoritmo genético, algoritmo cultural o algoritmo luciérnaga. El objetivo de este artículo es mostrar el rendimiento del algoritmo de cardumen de peces artificial, en inglés “*Artificial Fish Swarm Algorithm*” (AFSA) aplicado al SCP, puesto que anteriormente fue probado en el problema de la mochila. Este algoritmo simula el comportamiento de un cardumen de peces dentro del agua y utiliza una población de puntos en el espacio para representar la posición de un pez en el cardumen. Este método ha sido probado con las instancias del SCP sacadas del sitio web OR-Library.

Palabras Clave - Problema Del Conjunto De Cobertura; Algoritmo De Cardumen De Peces Artificial; Metaheurística; Optimización Combinatoria.

Abstract — The Set Covering Problem (SCP) consists in finding a set of solutions that allow covering a set of necessities with a minor possible cost. There are many applications of this problem such as the installation of certain services like fire stations. SCP has been solved before with different algorithms like genetic algorithm, cultural algorithm or firefly algorithm. The objective of this paper is to show the performance of the Artificial Fish Swarm Algorithm (AFSA) applied to SCP, because it has been tested in knapsack problem before. This algorithm simulates the behavior of fish school inside water and it uses a population of points in space to represent the position of fish in the school. This method has been tested on SCP benchmark instances obtained from OR-Library website.

Keywords - Set Covering Problem; Artificial Fish Swarm Optimization Algorithm; Metaheuristics; Combinatorial Optimization.

I. ESTADO DEL ARTE

Las metaheurísticas, proveen soluciones “aceptables” en un tiempo razonable, para resolver problemas difíciles y complejos en ciencias e ingeniería, cuando es costoso encontrar la mejor solución, especialmente con una capacidad de computo limitada. Uno de los clásicos problemas que las metaheurísticas intentan resolver es el SCP, el cual consiste en escoger un sub conjunto de columnas al menor costo, con el fin de cubrir todas las filas (al menos una en cada línea). Hay muchas aplicaciones de este problema como instalación de ciertos servicios como los hospitales. En estudios previos el SCP ha sido resuelto satisfactoriamente con metaheurísticas como colonia de abejas [1,2], algoritmo cultural [3], optimización por enjambre de partículas [4], colonia de hormigas [5], algoritmo luciérnaga [6,7], algoritmo del salto de la rana [8] o algoritmo genético [9,10].

II. INTRODUCCIÓN

Anteriormente AFSA fue utilizado para resolver el problema de la mochila con muy buenos resultados según los propios autores [11,12]. En este trabajo, el objetivo principal es mostrar el rendimiento del AFSA aplicado al SCP, previamente, este fue probado en el problema de la mochila. Este algoritmo simula el comportamiento de un pez dentro del agua, el cual pertenece a un cardumen y utiliza una población de puntos en el espacio para representar la posición del pez dentro del cardumen. En la versión original de AFSA, hay 5 comportamientos principales tales como, aleatorio, cazador, cardumen, búsqueda, oportunidad. En el siguiente trabajo, será mostrada la versión simplificada de AFSA aplicada al SCP. El algoritmo propuesto consta de los siguientes pasos, inicialización de la población, generación de los puntos de prueba, el efecto basado en cruzamiento, manejo de restricciones del SCP, selección de la nueva población, reinicialización de la población, búsqueda local y condiciones de término. Este método fue probado en las 70 instancias de OR-Library.

III. PROBLEMA DE COBERTURA DE CONJUNTOS

El SCP es un clásico problema de NP-completo, que puede ser formulado como [11]:

$$\text{minimizar } \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_j \in \{0, 1\} \quad \forall j \in J \quad (3)$$

Sea $A = (a_{ij})$ donde A es una matriz de 0-1 de $m \times n$ con $I = \{1, \dots, m\}$ y $J = \{1, \dots, n\}$ son filas y columnas respectivamente. La columna j puede ser cubierta por una fila i si $a_{ij} = 1$. Donde c_j es un valor no negativo que representa el costo de seleccionar la columna j y x_j es una variable de decisión, puede ser 1 si la columna j es seleccionada o 0 de otra forma. El objetivo es encontrar un subconjunto mínimo de costo $S \subseteq J$, tal que cada fila $i \in I$ sea cubierta por al menos una columna $j \in S$.

IV. ALGORITMO DE CARDUMEN DE PECES ARTIFICIAL

Anteriormente se utilizaba el concepto de "alcance visual" de un pez o punto y utilizaban la distancia de "Hamming" de ese punto con respecto a los otros de la población, para definir el comportamiento del cardumen [12]. En la versión simplificada de AFSA, el concepto de "alcance visual" no es utilizado, la selección del comportamiento ahora depende dos probabilidades (τ_1 y τ_2) y el comportamiento cardumen nunca es realizado. Existen otras modificaciones, las cuales se pueden encontrar con mayor detalle en [13].

Los principales pasos de AFSA para obtener las soluciones son prácticamente los mismos seguidos en [13], a excepción del manejo de restricciones [14]. La explicación detallada de este trabajo se encuentra en...

A. Inicialización

Generación de N puntos aleatorios, x_i , dónde $i \in \{1, 2, \dots, N\}$ representado por cadenas de bits de 0/1 de largo n .

B. Generación de Puntos de Prueba

Se crean puntos de prueba y^j utilizando comportamiento aleatorio, cazador y búsqueda, dónde, $0 \leq \tau_1 \leq \tau_2 \leq 1$, son las probabilidades responsables para alcanzar este objetivo [13].

Comportamiento Aleatorio: Si un pez no tiene compañía en su vecindario, entonces se mueve aleatoriamente buscando comida en otra área. Cuando $\text{rand}(0,1) \leq \tau_1$. Luego, el punto y^j es creado aleatoriamente con 0/1 bits de largo n [13].

Comportamiento Cazador: Cuando un pez o un grupo de peces del cardumen, descubren comida, los otros lo siguen y van rápidamente detrás de ella. Cuando $\text{rand}(0,1) \geq \tau_2$ se relaciona con el movimiento dirigido hacia el mejor punto encontrado hasta ese momento en la población, x^{\min} . El punto y^j es creado usando el efecto basado en cruzamiento (ver Algoritmo 1) entre x^i y x^{\min} [13].

Comportamiento Búsqueda: Cuando un pez descubre una región con mas comida, por visión o sentido, este va directa y rápidamente hacia esa región. Cuando $\tau_1 < \text{rand}(0,1) < \tau_2$ este comportamiento es implementado. El efecto basado en cruzamiento es entre x^{\min} y x^i es utilizado para crear el punto y^j , dónde "rand" $\in \{i=1, 2, \dots, N\}$ [13].

Punto de Prueba Correspondiente al Mejor Punto: En [13], los 3 comportamientos explicados anteriormente, son implementados para crear $N-1$ puntos de prueba; El mejor punto, x^{\min} , es tratado separadamente. Una mutación "flip-bit" es utilizada en el punto x^{\min} para crear el correspondiente punto de prueba y^j . En esta operación, 4 posiciones son seleccionadas aleatoriamente, y los bits de las posiciones correspondientes son cambiadas de 0 a 1 o viceversa [13].

C. El Efecto Basado en Cruzamiento

En [13], el efecto basado en cruzamiento es usado en el comportamiento cazador y búsqueda para crear los puntos de prueba. Es necesario calcular el *effect ratio*, donde, *effect ratio* ER_{u,x^i} de u en el punto actual x^i [13] es:

- 1) $u = x^{\min}$ usado con comportamiento cazador.
- 2) $u = x^{\text{rand}}$ usado con comportamiento búsqueda.

Es usado:

$$ER_{u,x^i} = \frac{q(u)}{q(u) + q(x^i)} \quad (4)$$

Donde:

$$q(u) = \exp\left[\frac{-(z(x^{\min}) - z(x^i))}{(z(x^{\min}) - z(x^{\max}))}\right] \quad (5)$$

x^{\max} es el peor punto en la población y z es el valor de la función objetivo.

El efecto basado en cruzamiento para obtener el punto de prueba y^j es mostrado en el Algoritmo 1 [13].

Algoritmo 1 Efecto Basado en Cruzamiento

<p>Requiere: punto actual x^i, u y ER_{u,x^i}</p> <ol style="list-style-type: none"> 1: para $j = 1$ hasta n hacer 2: si $\text{rand}(0,1) < ER_{u,x^i}$ entonces 3: $y_j^i = u_j$ 4: sino 5: $y_j^i = x_j^i$ 6: fin si 7: fin para 8: retornar punto de prueba y^j

D. Manejo de Restricciones del SCP

Todas las columnas no cubiertas son identificadas y las columnas requeridas son añadidas. Así, todas las restricciones serán cubiertas. La búsqueda de estas columnas está basada en la relación mostrada en la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{Costo de una Columna}}{\text{Cantidad de Columnas no Cubiertas}} \quad (6)$$

Cuando las columnas son añadidas y la solución es factible, se aplica otro método para remover las columnas redundantes de la solución. La columna redundante es aquella que al ser removida, la solución continúa siendo factible.

E. Selección de la Nueva Población

Cada punto de prueba y^j compete con el punto actual x^j . Así, si $z(y^j) \leq z(x^j)$, entonces el punto de prueba se convierte en miembro de la nueva población, para la siguiente iteración; De otra forma, el punto actual es mantenido para la siguiente.

F. Re-inicialización de la Población

Anteriormente [12], los puntos de la población convergen a una solución no óptima, esto es considerado como una región con escasez de comida para todo el cardumen y es necesario mirar por un área mejor. Así, fue introducida una re-inicialización del 50% de la población cada R iteraciones, para diversificar la búsqueda, tener una potencial región y encontrar una mejor solución[13].

G. Búsqueda Local

Es cuando el cardumen realiza un procedimiento que permite, un porcentaje pequeño del cardumen obtener comida y después seguir avanzando hacia una región más prometedora. La búsqueda local está basada en la mutación “flip-bit”, que está representada por los puntos N_{loc} seleccionados aleatoriamente desde la población, donde $N_{loc} = \tau_3 N$ con $\tau_3 \in (0, 1)$. Esta mutación “flip-bit” opera cambiando el valor de los bits de 0 a 1 y viceversa de acuerdo a una probabilidad p_m [10]. Después de la operación “flip-bit”, los nuevos puntos son convertidos en factibles usando la función de reparación. Luego, se convierten en miembros de la población, si mejoran el valor de la función objetivo con respecto a los puntos actuales. La operación “flip-bit” es repetida L veces. Al final, el mejor punto de la población es identificado y la mutación “flip-bit” es realizada con N_{ref} donde $N_{ref} = \tau_3 n$, son posiciones del punto seleccionadas aleatoriamente. Cada vez, un nuevo punto es creado; La función de reparación es implementada para hacer factible el punto. Después, este nuevo punto reemplazará al mejor punto si este mejora el valor con respecto al mejor punto actual [13].

H. Condiciones de Término

De acuerdo con [13], AFSA termina cuando la solución óptima conocida es igualada o el numero máximo de iteraciones, T_{max} , es excedida.

$$t > T_{max} \text{ or } z_{min} < z_{opt} \quad (7)$$

Donde z_{min} es el mejor valor de la función objetivo alcanzada a la iteración t y z_{opt} es la mejor solución conocida.

V. RESULTADOS

Este algoritmo propuesto fue probado 30 veces para las primera cincuenta instancias y 20 veces para las últimas veinte. El algoritmo fue implementado en lenguaje Java, usando Eclipse IDE, en un computador con el siguiente hardware; procesador Intel core i5 dual core 2.60 GHz, 8 GB RAM bajo el sistema operativo OSX Yosemite. Fue ejecutado sólo con soluciones factibles y con los siguientes parámetros; $N = 20$ peces, probabilidad $\tau_1 = 0.1$, probabilidad $\tau_2 = 0.9$, probabilidad $\tau_3 = 0.1$, probabilidad $p_m = 0.1$, $L = 50$, re-inicialización de la población $R = 10$ y cada vez fueron $T = 1000$ iteraciones.

La Tabla 1 muestra cada instancia, Z_{opt} la mejor solución conocida, Z_{min} , Z_{max} , Z_{avg} representa el mínimo, máximo dentro de los mínimos, y el promedio de las soluciones obtenidas. RPD representa la desviación del valor objetivo f_{opt} de f_{mins} , el cual es el mínimo valor obtenido para cada instancia. RPD se calcula:

$$RPD = \frac{100(f_{min} - f_{opt})}{f_{opt}} \quad (8)$$

TABLA I. PROMEDIO RESULTADOS EXPERIMENTALES AFSA – SCP

Instancia	Z_{opt}	Z_{min}	Z_{max}	Z_{avg}	RPD
4.1	429	430	445	437,4	0,23
4.2	512	515	546	530,83	0,59
4.3	516	519	543	528,27	0,58
4.4	494	495	532	514,83	0,20
4.5	512	514	536	521,73	0,39
4.6	560	565	597	580,9	0,89
4.7	430	432	447	437,37	0,47
4.8	492	492	514	501,23	0,0
4.9	641	658	688	669,8	2,65
4.10	514	525	559	539,6	2,14
5.1	253	254	271	263,03	0,40
5.2	302	310	318	314,27	2,65
5.3	226	228	244	232,77	0,88
5.4	242	242	247	244,77	0,0
5.5	211	212	215	212,6	0,47
5.6	213	214	242	227,77	0,47
5.7	293	299	315	307,9	2,05
5.8	288	291	313	298,97	1,04
5.9	279	279	296	285,73	0,0
5.10	265	266	276	272,07	0,38
6.1	138	138	153	146,37	0,0
6.2	146	149	156	151,97	2,05
6.3	145	145	161	149,63	1,29
6.4	131	131	137	134,17	0,0
6.5	161	164	181	172,67	1,86
A.1	253	256	270	259,6	1,19
A.2	252	258	276	264,4	2,38
A.3	232	235	255	246,2	1,29
A.4	234	243	266	252,25	3,85
A.5	236	237	259	244,9	0,42
B.1	69	72	88	78,3	4,35
B.2	76	79	94	84,67	3,95
B.3	80	82	89	85,6	2,5
B.4	79	82	96	86,45	3,85
B.5	72	72	89	79,5	0,0
C.1	227	231	252	238,85	1,76
C.2	219	227	254	236,5	3,65
C.3	243	251	274	263,15	3,29
C.4	219	223	253	240,1	1,83
C.5	215	217	250	228,3	0,93
D.1	60	60	81	66,6	0,0
D.2	66	69	83	73,35	4,54
D.3	72	76	87	82,4	5,56

D.4	62	64	76	69,05	3,23
D.5	61	64	78	68,9	4,92
E.1	5	5	6	5,87	0,0
E.2	5	5	6	5,5	0,0
E.3	5	5	6	5,2	0,0
E.4	5	5	6	5,7	0,0
E.5	5	5	6	5,57	0,0
NRE.1	29	29	39	32,1	0,0
NRE.2	30	32	40	32,25	0,0
NRE.3	27	28	35	32,1	3,70
NRE.4	28	30	38	33,05	7,14
NRE.5	28	30	35	31,95	7,14
NRF.1	14	15	18	16,75	7,14
NRF.2	15	16	18	17,05	6,67
NRF.3	14	15	20	17,25	7,14
NRF.4	14	15	19	16,45	7,14
NRF.5	13	14	18	15,75	7,69
NRG.1	176	184	249	194,05	4,54
NRG.2	151	162	170	166,5	7,82
NRG.3	166	174	268	184,7	4,82
NRG.4	168	178	284	190,55	5,95
NRG.5	168	178	344	193,6	5,95
NRH.1	63	66	100	72,15	4,76
NRH.2	63	66	129	72,0	4,76
NRH.3	59	66	79	68,7	11,86
NRH.4	59	63	123	70,5	6,78
NRH.5	55	58	71	60,7	5,45

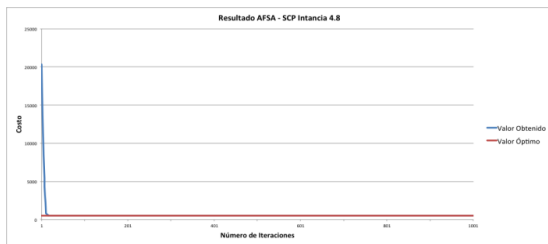


Figura 1. Instancia SCP 4.8

La *Figura 1* es un gráfico de ejemplo, costo v/s número de iteraciones, de una de las 70 instancias analizadas con AFSA. En este caso se muestra la instancia *SCP 4.8*, dónde se obtuvo el valor óptimo buscado, en color rojo y el valor obtenido, en color azul.

VI. CONCLUSIONES

El algoritmo converge rápidamente a muy buenas soluciones en la mayoría de las instancias, como se pudo ver en la *Figura 1*. En el caso del grupo 4, 5, 6 y E, se obtuvieron varios óptimos globales y en algunos casos valores muy

cercanos, como se pudo en la *Tabla 1*. El algoritmo, requiere algún tiempo de procesamiento, muchas horas en algunos casos por lo visto durante los experimentos, en especial para los últimas 20 instancias por la gran cantidad de filas y columnas, pero como muchas metaheurísticas entregan buenos resultados en un tiempo razonable. Otro punto a considerar, es la variabilidad vista en sus resultados. Por lo cual, es posible sea necesario, mas de 1000 iteraciones, para obtener los óptimos conocidos en todas las instancias y/o encontrar una mejor configuración de parámetros en trabajos futuros o en la mejora del mismo.

AGRADECIMIENTOS

Broderick Crawford cuenta con el apoyo de CONICYT / FONDECYT / REGULAR / 1140897. Ricardo Soto cuenta con el apoyo de CONICYT / FONDECYT / REGULAR / 1160455. Sebastián Mansilla Villablanca, Álvaro Gómez, Adrián Jaramillo, Agustín Salas cuentan con el apoyo de postgrado de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso 2016 (INF-PUCV 2016).

REFERENCIAS

- [1] B. Crawford, R. Soto, R. C. Aguilar, F. Paredes, A new Artificial Bee Colony algorithm for Set Covering Problems. *Electrical Engineering and Information Technology* 63, 2014, p. 31.
- [2] B. Crawford, R. Soto, R. C. Aguilar, F. Paredes, Application of the Artificial Bee Colony Algorithm for Solving the Set Covering Problem. *The Scientific World Journal* 2014, 2014.
- [3] B. Crawford, R. Soto, E. Monfroy, Cultural algorithms for the set covering problem. *Advances in Swarm Intelligence*, 2013, pp. 27-34.
- [4] B. Crawford, R. Soto, E. Monfroy, W. Palma, C. Castro, F. Paredes, Parameter tuning of a choice-function based hyperheuristic using Particle Swarm Optimization. *Expert Systems with Applications* 40(5), 2013, pp. 1690-1695.
- [5] B. Crawford, R. Soto, W. Palma, F. Paredes, F. Johnson, E. Norero, The Impact of a New Formulation When Solving the Set Covering Problem Using the ACO Metaheuristic. *Modelling, Computation and Optimization in Information Systems and Management Sciences*, 2015, pp. 209-218.
- [6] B. Crawford, R. Soto, M. Olivares-Suárez, F. Paredes, A Binary Firefly Algorithm for the Set Covering Problem. *Modern Trends and Techniques in Computer Science* 285, 2014, pp. 65-73.
- [7] B. Crawford, R. Soto, M. Riquelme-Leiva, C. Peña, C. Torres-Rojas, F. Johnson, F. Paredes, Modified Binary FireFly Algorithms with Different Transfer Functions for Solving Set Covering Problems. *Software Engineering in Intelligent Systems*, 2015, pp. 307-315.
- [8] B. Crawford, R. Soto, C. Peña, W. Palma, F. Johnson, F. Paredes, Solving the Set Covering Problem with a Shuffled Frog Leaping Algorithm. *Intelligent Information and Database Systems*, 2015, pp. 41-50.
- [9] Z. Michalewicz, *Genetic algorithms + data structures = evolution programs* (3rd ed.). 1996.
- [10] Z. Michalewicz, *Genetic algorithms + data structures = evolution programs*. 2013.
- [11] M. R. Garey, D. S. Johnson *Computers and Intractability; A Guide to the Theory of NP-Completeness*. 1990.
- [12] M. A. K. Azad, A. M. A. Rocha, E. M. Fernandes, Improved binary artificial fish swarm algorithm for the 0-1 multidimensional knapsack problems. *Swarm and Evolutionary Computation* 14, 2014, pp. 66-75.
- [13] M. A. K. Azad, A. M. A. Rocha, E. M. Fernandes, A simplified binary artificial fish swarm algorithm for 0--1 quadratic knapsack problems. *Journal of Computational and Applied Mathematics* 259, 2014, pp. 897-904.
- [14] J. E. Beasley, An algorithm for set covering problem. *European Journal of Operational Research* 31(1), 1987, pp. 85-93.

Gestão de Risco de Corrupção: Uma Abordagem baseada na Teoria da Atividade

Risk Management for Corruption: An Approach Based on Activity Theory

António Gonçalves
INESC-ID
1000-029 Lisboa, Portugal
IPS
2910-761 Setúbal, Portugal
antonio.goncalves@estsetubal.ips.pt

Anacleto Correia
CINAV
2810-001 Almada, Portugal
cortez.correia@marinha.pt

Resumo — Este trabalho aborda a análise do risco de corrupção nas organizações em Portugal, com base num conjunto de critérios. Trata-se de uma abordagem que procura dar seguimento a uma diretiva do conselho de prevenção da corrupção em Portugal que, a partir de 2009, obrigou as organizações públicas a possuírem um plano de gestão da corrupção. É aqui proposto um enquadramento do risco associado à corrupção, com base na norma ISO 31000 de gestão de risco, e suporte de uma teoria social – a teoria da atividade.

Palavras Chave - enquadramento; risco; teoria atividade

Abstract — This article discusses some issues regarding compliance to the corruption prevention policy of Portuguese government by Portuguese public sector organizations. The regulation requires that public organizations must have an active management corruption plan. In this work, a risk corruption plan is proposed based on the ISO 31000 standard risk management, as well as on activity theory.

Keywords –Framework;Risk; Activity Theory.

I. INTRODUÇÃO

A recomendação do Conselho de Prevenção da Corrupção (CPC) [4], de 1 de junho de 2009, estabelece que os órgãos dirigentes máximos das entidades gestoras dos dinheiros, valores, ou patrimónios públicos devem implementar, nas suas organizações, Planos de Gestão de Riscos de Corrupção (PGRIC). Aparentemente o numero de organismos que cumprem com esta diretiva é grande.

Em junho de 2015 a CPC analisou os planos existentes e conclui que [4]: 50% das organizações reconhecem que os seus planos não são exaustivos na identificação dos riscos e existe necessidade de alargar o âmbito dos planos, sobretudo a metodologia utilizada.

A solução proposta neste trabalho passa por uma consciencialização dos principais conceitos e processos da

gestão de risco adaptados ao âmbito da prevenção da corrupção. Para tal é proposta a utilização do standard ISO 31000 [1] e uma teoria sócio técnica – a Teoria da Atividade.

II. TEORIA DA ATIVIDADE

A Teoria da Atividade é um enquadramento multidisciplinar que descreve como as pessoas interagem coletivamente, em contextos, para realizarem o seu trabalho. A cada contexto dá-se o nome de atividade. As atividades resultam de um processo de desenvolvimento socio-histórico, que descreve a estabilidade numa organização como uma exceção e as perturbações e conflitos como regra, agente de mudança e de inovação [2].

A Teoria da Atividade faz uma clara distinção do papel das pessoas e das ferramentas. As pessoas executam, ao longo do tempo, as suas tarefas, conscientes (ações) e inconscientes (operações), com o auxílio das ferramentas, sendo que estes não são o objeto de interesse, mas sim o meio pelo qual é possível atingir-se o resultado pretendido [2].

III. RISCO DE CORRUPÇÃO

Corrupção pode ser entendido um ato ou a sua omissão, seja lícito ou ilícito, contra o recebimento ou a promessa de um qualquer proveito indevido, para o próprio ou para terceiro. A corrupção normalmente envolve dois ou mais atores que entram numa espécie de acordo. A corrupção pode ser ativa ou passiva dependendo se a ação ou omissão for praticada pela pessoa que corrompe ou pela pessoa que se deixa corromper.

Embora o risco possa ser entendido como a incerteza que conduz a resultados positivos ou negativos, para o risco de corrupção só será considerado os aspectos negativos. Assim, o risco de corrupção é a incerteza da prática de um ato de corrupção. Na figura 1 é apresentado os principais conceitos e sua contribuição (positiva ou negativa) para o risco.

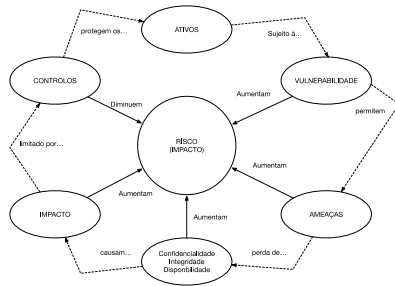


Figura 1. Conceitos relacionados com risco de corrupção.

O risco de corrupção incide sobre um ativo da organização. Um ativo é uma entidade que possui valor para a organização. Um ativo pode ser tangível (e.g., como um bem da organização) como intangível (e.g., como a informação) possuem fragilidades, denominadas vulnerabilidades que podem ser exploradas por ameaças. Uma ameaça pode causar impactos na organização. Um impacto diz respeito a mudança adversas na organização ao nível dos seus objetivos.

Para orientar o risco de corrupção numa organização será necessário fazer uso de mecanismos de controlo com objetivo de intervir sobre cenários ou pessoas, intervir num processo ou ter responsabilidade sobre uma atividade ou grupo de pessoas. Para tal é proposto o uso da teoria da atividade.

A existência de um sistema de atividades de governo do risco de corrupção possui os seguintes benefícios: a) os riscos são identificados; b) os riscos são avaliados em termos de efeito e estimativa de ocorrência; c) as estimativas e efeitos dos riscos são partilhados e compreendidos na organização; d) É definida uma ordem de prioridade para tratamento de riscos; e) É definida uma ordem de prioridade para redução dos riscos; f) A organização é envolvida nas decisões sobre riscos; g) A monitorização do risco é efetiva; h) As atividades de governo do risco são monitorizadas e revistas periodicamente; i) É promovido a consciência organizacional sobre o tema.

IV. MATRIZ DE RISCO

A construção da matriz de risco deverá quantificar o impacto para a organização do ato de corrupção com a probabilidade de acontecer um evento de corrupção.

Tabular os resultados numa matriz possibilita o reconhecimento dos riscos de corrupção que podem perturbar a organização, em dois aspectos: frequência e grau de importância. Em geral, adota-se uma classificação qualitativa

para os níveis de frequência e de impacto, que poderá variar em função do processo avaliado, da dimensão da organização, do seu contexto de atuação, entre outros fatores [3].

A matriz de risco pode ser arquitetada pela articulação de pesos atribuídos aos atributos frequência e importância, podendo ser dividida em zonas que qualificam os níveis de risco. A definição dessas regiões pode variar em função do contexto do ativo (processo, pessoas ou tecnologia). A figura 2 apresenta um exemplo de matriz de riscos.

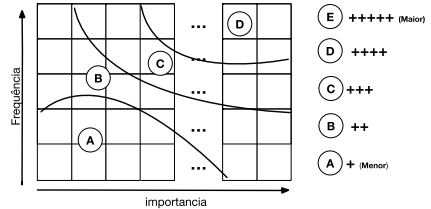


Figura 2. Matriz de Risco.

Nesse exemplo, as regiões de risco foram delimitadas com base nos valores das intensidades de risco, calculados pelo produto entre os pesos das variáveis frequência e importância.

V. CONCLUSÕES

Como conclusão, podemos afirmar que representar um enquadramento de risco de corrupção, a partir da Teoria da Atividade, pretende ser uma base consistente para promover a análise do trabalho, realizado pelas pessoas num processo complexo, tais como é os enquadramento de tratamento de corrupção. O uso da teoria da atividade, possibilita formular uma solução através da interação entre os intervenientes no sistema, visando a melhoria continua através da colaboração, coordenação e cooperação entre todos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Dali, A. and Lajtha, C. ISO 31000 Risk Management— “The Gold Standard.” *EDPACS 45*, 5 (2012), 1–8.
- [2] Engeström, Y. and Sannino, A. Studies of expansive learning: Foundations, findings and future challenges. *Educational Research Review* 5, 1 (2010), 1–24.
- [3] Ward, S. and Chapman, C. Transforming project risk management into project uncertainty management. *International Journal of [2] [2] [2] Project Management* 21, 2 (2003), 97–105.
- [4] Recomendações do CPC. <http://www.cpc.tcontas.pt/recomendacoes.html>.

Desenvolvimento de aplicativos para o monitoramento de qualidade da água utilizando celulares como espectrofotômetros

Development of applications for water quality monitoring using mobile as spectrophotometers

Rafaela Prediger dos Anjos; Daniel Victor dos Santos
Gomes Vital; Rafael Lima de Souza; Ligia Arnedo
Perassa; Márcio Teixeira Oliveira; Thiago Inácio
Barros Lopes.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Mato Grosso do Sul - IFMS Campus Três Lagoas- MS.
Três Lagoas- MS, Brazil
rafaelapanjos@hotmail.com;

Resumo — Hoje em dia é comum à utilização de diversos dispositivos eletrônicos no monitoramento de parâmetros relacionados à saúde como pressão arterial e glicemia, contribuindo para melhoria da saúde da população em geral. Neste sentido, dispositivos acessíveis que permitam o monitoramento dos parâmetros de qualidade da água pela população devem ser disponibilizados a população, uma vez que o controle de qualidade da água é imprescindível para preservação da saúde e combate a diversas doenças como diarreia, cólera, leptospirose, hepatite A e esquistossomose. Neste projeto pretende-se desenvolver aplicativos e reagentes colorimétricos que permitam utilizar telefones celulares como espectrofotômetros adaptados na análise dos principais parâmetros de qualidade da água. Os aplicativos irão gerenciar a aquisição de imagens equivalentes a espectros de refletância difusa na região do visível e o processamento dos dados para obtenção da resposta analítica desejada. A determinação do nível residual de cloro e do pH serão realizadas utilizando reagentes colorimétricos de baixo custo desenvolvidos especificamente para a análise, a determinação da cor total e da cor real serão obtidas por métodos de regressão. Finalmente, a metodologia desenvolvida será utilizada no monitoramento da qualidade da água de abastecimento da cidade de Três Lagoas, contribuindo para a diminuição de várias doenças relacionadas a contaminação da água.

Palavras Chave - Aplicativos celulares, água, espectrofotômetros.

Abstract — Nowadays it is common to use of different electronic devices to monitor health-related parameters such as blood pressure and blood glucose, contributing to improving the health

of the general population. In this sense, affordable devices that allow the monitoring of the population water quality parameters shall be made available to the population, since the water quality control is indispensable for preserving health and combating various diseases such as diarrhea, cholera, leptospirosis, hepatitis A and schistosomiasis. This project intends to develop colorimetric applications and reagents that allow using cell phones as adapted spectrophotometers in analyzing the main water quality parameters. Applications will manage the acquisition of images equivalent to the diffuse reflectance spectra in the visible region and the data processing for obtaining desired analytical response. The determination of residual chlorine level and pH will be performed using colorimetric reagents low cost developed specifically for the analysis, the determination of the total color and the actual color will be obtained by regression methods. Finally, the methodology developed will be used in monitoring the quality of the city of Três Lagoas water supply, contributing to the reduction of various diseases related to water contamination.

Keywords-component; mobile applications; water; spectrophotometers.

I. INTRODUÇÃO

Hoje em dia, é comum a utilização de diversos dispositivos eletrônicos no monitoramento de parâmetros relacionados à saúde como pressão arterial e glicemia. Neste sentido, o desenvolvimento tecnológico tem aproximado cada vez mais os procedimentos analíticos dos clientes finais, aumentando a qualidade de vida da população em geral. Num futuro próximo, espera-se que dispositivos eletrônicos simples também possam

ser aplicados no controle de qualidade de diversos produtos como água, alimentos, combustíveis entre outros.

Neste sentido, o projeto visa desenvolver metodologias que permitam o monitoramento da qualidade da água utilizando telefones celulares. Telefones celulares modernos possuem câmeras fotográficas, sistemas de armazenamento e processamento de dados os quais podem ser utilizados como espectrofotômetros adaptados. Em maio de 2014, a União Internacional de Telecomunicações contabilizou cerca de sete bilhões de assinaturas móveis em todo o mundo. Isto é equivalente a 95,5% da população mundial.[1]

A utilização de celulares na análise da qualidade da água tem como vantagens a maior aplicabilidade, acessibilidade e abrangência da técnica comparada aos métodos analíticos tradicionais.[2,3]

Os dispositivos fotográficos como câmeras fotográficas e o visor dos celulares são projetados para trabalhar na região do visível. Desta forma, celulares podem ser empregados como espectrofotômetros operando na região do visível do espectro eletromagnético (figura 1).

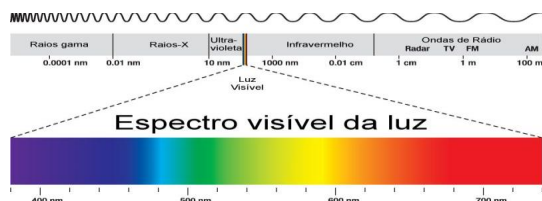


Figura 1. Espectro eletromagnético, destacando o espectro visível da luz.

Desta forma, uma porção da amostra é adicionada a uma amostra juntamente com um reagente cromogênico, qual reagirá com o analítico de interesse originando um produto colorido. Na próxima etapa a amostra é iluminada pelo visor do celular, o qual projeta luz com cores definidas sobre a amostra, a radiação é então refletida pela amostra e detectada pela câmera fotográfica frontal do celular, a imagem assim obtida contém informações sobre a amostra de forma semelhante a um espectro (figura 2)

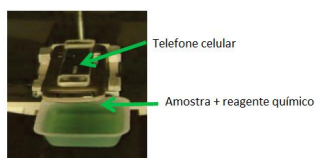


Figura 2. Arranjo esquemático do celular operando como espectrofotômetro rudimentar

A luz emitida a partir da tela de dispositivos móveis não é monocromática, como tradicionalmente utilizada em espectroscopia. A iluminação destes dispositivos é realizada por meio da combinação de três fontes primárias policromáticas com colorações: vermelha (R, “red”), verde (G, “green”) e azul (B, “blue”). A partir da combinação destas três cores básicas, podem-se formar diversas outras cores.

O objetivo deste trabalho é propor o desenvolvimento de um reagente de baixo custo para monitoramento de qualidade da água e a construir de uma aplicação para dispositivos

móveis que possuam câmera integrada para realizar a aquisição de imagens de amostras, processar arquivos de imagem e apresentar o resultado da respectiva amostra.

II. MATERIAL E MÉTODOS

Para a criação do aplicativo será utilizado: a) linguagem de programação Java e plataforma Android SDK (aquisição e processamento das imagens); b) Ferramenta para gerar o fluxo grama da aplicação (figura 3) e prototipação (figura 4) e c) Base de dados SQLite (cadastrar medições).

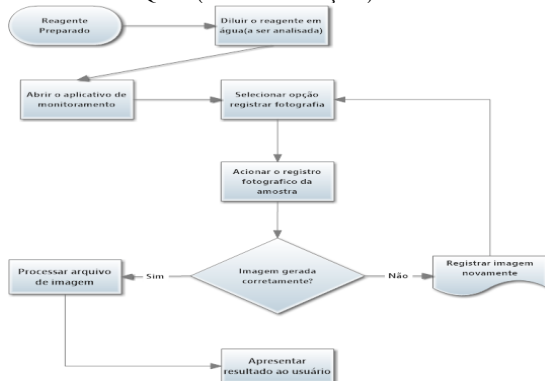


Figura 3 - Fluxograma do aplicativo de monitoramento



Figura 4 - Protótipo do aplicativo de monitoramento

III. CONCLUSÕES

Embora o presente estudo esteja em desenvolvimento, teste realizados em laboratório demonstraram eficácia do reagente utilizando espectrofotômetro para analisar amostras de água.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - IFMS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] THE INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION. Global mobile statistics 2014 Part A: Mobile subscribers; handset market share; mobile operators. 2014. Disponível em: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2014-e.pdf >. Acesso em: 17 mar. 2015.
- [2] Z. Iqbal, D. Filippini, Spectral fingerprinting on a standard mobile phone. Journal of Sensors, v. 2010, p.1-9, jul. 2010.
- [3] Z. Iqbal, R. bjorklund, Colorimetric analysis of water and sand samples performed on a cellular telephone. Talanta, v.84, p. 1118-1123, mar. 2011.

SDN: Os Novos Desafios na Gestão de Redes

SDN: The New Challenges in Networks Management

Nuno Simões

Escola Superior de Tecnologia e Gestão
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
E-mail: 2130967@my.ipleiria.pt

Carlos Rabadão

Centro de Investigação de Informática e Comunicações
Instituto Politécnico de Leiria
Leiria, Portugal
E-mail: carlos.rabadao@ipleiria.pt

Resumo — Tendo em conta a vantagem e o potencial do *Software-Defined Networking* (SDN), a sua utilização na gestão de serviços de comunicação é muito útil. Este artigo propõe a implementação de uma solução que faça a ponte entre uma solução SDN e uma rede informática, direcionando-se mais para a gestão de serviços e não tanto para funções de virtualização da rede. A ferramenta resultante servirá de apoio ao desenvolvimento e teste de redes e serviços de comunicação antes da sua colocação em produção. Com esta ferramenta, a gestão de serviços torna-se mais rápida, intuitiva e menos suscetível a falhas. Estes fatores contribuem para que o crescente número de serviços que hoje necessitam de ser criados por pressão dos consumidores possam entrar em produção mais rapidamente, comparativamente com o que hoje acontece, contribuindo para uma melhor rentabilização de recursos, humanos e materiais, bem como para a melhoria dos resultados financeiros das operadoras de telecomunicação.

Palavras Chave - SDN; programação de redes; serviços de rede; NSO.

Abstract — Taking into account the advantages and potential of *Software-Defined Networking* (SDN), its use in the communication service management is very helpful. This article proposes the implementation of a solution that makes the bridge between an SDN solution and a computer network, directing more towards management services and not so much for network virtualization functions. The resulting tool will support the development and testing of networks and communication services before they are put into production. With this tool, the service management becomes faster, more intuitive and less susceptible to failure. These factors contribute to the growing number of services that now need to be created, under pressure from consumers to go into production more quickly, compared with what happens today, contributing to better maximize resources, human and material, as well as improving the financial performance of telecom operators.

Keywords - SDN; network programming; network services; NSO.

I. INTRODUÇÃO

Com a evolução da tecnologia, o número de equipamentos eletrónicos com ligação à Internet tem vindo a aumentar e assim continuará [1], nomeadamente computadores portáteis, *tablets*, *smartphones*, *smartwatches*, entre outros. A par deste aumento de dispositivos, o aparecimento frequente de novas soluções propostas pelas operadoras de telecomunicação, tais como o *streaming* de música nos *smartphones* ou mesmo o acesso em tempo real à televisão – *Internet Protocol Television*

(IPTV), têm contribuído para o congestionamento das redes de suporte à Internet. Como forma de contrariar este congestionamento e de permitir a acomodação de serviços, os operadores aplicam diversas alterações às suas redes. A título de exemplo indicam-se a introdução de mecanismos para fornecimento de qualidade de serviços (QoS – *Quality of Service*), as ferramentas de segurança e a evolução do protocolo *Internet Protocol* (IP) do IPv4 para o IPv6 [2].

Evidentemente que estas sucessivas alterações às tecnologias de suporte à Internet têm contribuído para que ela se tenha tornado mais complexa, desde as redes de *core* até às redes de acesso e, por consequência, mais difícil de operar. Logo, estes fatores contribuem para que a implementação de novos serviços se torne igualmente mais complexa e, muitas vezes, suscetível a falhas por parte de quem os implementa. Por exemplo, quando se adiciona um novo equipamento ou um novo serviço a uma rede, normalmente a configuração do equipamento ou do serviço é executada por um humano.

É do conhecimento geral que, praticamente, tudo o que os humanos desenvolvem é suscetível a erros e falhas, que podem ser causados pela pressão da necessidade de colocar rapidamente novos serviços no mercado ou até pela rotineira repetição de processos, que contribuem para uma limitação do potencial da rede [3].

Difícilmente se consegue obter um *software* imune a falhas ou erros mas, para os evitar ao máximo, uma das várias formas poderá passar pela utilização de mecanismos de automatização de tarefas, tais como os baseados nos *scripts*. Os *scripts* permitem automatizar alguns processos ou serviços que se pretendam implementar de forma rotineira. De qualquer modo, e considerando que os *scripts* serão igualmente desenvolvidos por humanos, também estarão suscetíveis a falhas e erros.

Tendo em conta o referido anteriormente, a comunidade científica tem procurado novas abordagens que possam contribuir para reduzir as limitações identificadas, área para a qual pretende contribuir o trabalho apresentado nas secções seguintes. Para o efeito, propõe-se o desenvolvimento de uma ferramenta *Open Source*, onde se possa testar uma rede e respetivos serviços antes que esta seja colocada em produção, tendo por base o conceito de SDN e não o conceito de virtualização de funções de uma rede (NFV).

No que concerne à gestão de serviços, uma das abordagens a si associada é a de *Software-Defined Networking* (SDN), que é a base deste trabalho e que será introduzida na Secção II,

onde será introduzido também o conceito de SDN. Nesta secção serão ainda apresentadas algumas soluções SDN existentes no mercado, bem como algumas das tecnologias mais utilizadas no protótipo desenvolvido. Na Secção III será apresentada a arquitetura proposta para a gestão do desenvolvimento. Na Secção IV será explicada a implementação da nossa proposta. Por último, na Secção V serão apresentadas as conclusões e propostas para trabalho futuro.

II. SOFTWARE-DEFINED NETWORKING

Nesta secção são apresentados inicialmente alguns conceitos necessários para um melhor entendimento do artigo, na área do SDN. Posteriormente serão introduzidas soluções comerciais de SDN existentes no mercado e algumas tecnologias utilizadas para a implementação da ferramenta criada.

A. Enquadramento

Segundo a *Open Networking Foundation*, o SDN é a separação física entre o plano de controlo e o plano de encaminhamento da rede [4]. As redes passam assim a ser configuradas e geridas de um modo mais centralizado, facilitando a definição de novos parâmetros e serviços. O conceito de SDN surgiu, tal como outras soluções tecnológicas, a partir de uma necessidade que nasce motivada pela complexidade em que a rede se está a tornar, como resultado de algumas das características anteriormente referidas. Estas necessidades, aliadas ao facto de as operadoras precisarem de colocar mais serviços no mercado e o mais depressa possível, tornam o processo mais complexo e mais susceptível de falhas. O SDN pretende ser uma solução com bastante potencial para simplificar a gestão da rede, podendo esta ser feita num ponto central da rede. É também preciso ter em conta que as empresas e operadoras vivem do que ganham e o *time-to-market* neste tipo de serviços é fundamental.

De notar que, apesar do *OpenFlow*, um protocolo de comunicação, ser bastante usado e associado ao conceito de SDN, existem outras soluções que foram desenvolvidas com o intuito de criar alternativas a este protocolo.

De seguida apresentam-se algumas das soluções SDN existentes: *Virtualized Services Controller* (VSC), da empresa interna da Alcatel-Lucent, a Nuage Networks [6] [7] e a *Network Control System* (NCS) [8], da Tail-f, atualmente pertencente ao portefólio da Cisco.

B. Soluções SDN

Nesta subsecção é feita uma análise sucinta das seguintes soluções SDN existentes: *Virtualized Services Controller* (VSC), da empresa interna da Alcatel-Lucent, a Nuage Networks [5] [6] e a *Network Control System* (NCS) [7], da Tail-f, atualmente pertencente ao portefólio da Cisco.

1) *Virtualized Services Controller* (VSC)

O VSC, baseado no *ALU Service Router OS* [8], é o painel de controlo da solução SDN da Nuage Networks e o controlador SDN mais poderoso da indústria [6] [9]. O VSC tem um funcionamento semelhante ao *network control plane* para os *data centers*, pois tem uma visão completa da rede e dos seus serviços, isto é, o VSC automaticamente descobre os

vários parâmetros existentes na rede, sejam eles da camada 2 (*switching*), da camada 3 (*routing*), QoS ou regras de segurança. No VSC, a ligação entre o controlo e o encaminhamento da rede é estabelecida através do protocolo de comunicação *OpenFlow* [10]. Este protocolo é utilizado para fazer a comunicação entre o controlador de serviços e a camada da rede onde se deve encontrar o *hardware*, ou seja, o *hypervisor* e o *vSwitch* [11].

2) *Network Control System* (NCS)

O NCS é a solução para controlo da rede criada pela Tail-f. Mais tarde a Cisco adquiriu a empresa Tail-f e o nome da solução SDN criada foi alterado para "*Cisco Network Service Orchestrator* (NSO) *enabled by Tail-f*" [7]. O NSO não é mais do que uma camada transparente, ou interface, existente para quem configura a rede. O NSO surgiu com o objetivo de facilitar a criação e configuração de serviços de rede [12]. Esta solução é independente de marcas e fabricantes de equipamentos de rede, sejam eles reais ou virtuais. Esta solução SDN pode servir para interagir tanto com utilizadores/administradores de redes como com aplicações de gestão que já sejam utilizadas numa rede.

Em suma, todas as soluções SDN, até ao momento, são mais ou menos semelhantes. Todas assentam em 3 partes: aplicação, controlo e infraestrutura/equipamentos da rede. Esta estrutura é mais ou menos previsível tendo em conta a arquitetura do SDN.

C. Tecnologias utilizadas no desenvolvimento da ferramenta

Nesta subsecção serão sucintamente referidas algumas tecnologias utilizadas ou associadas ao desenvolvimento da solução proposta, entre elas o *YANG*, *XML* e *NETCONF*.

1) *YANG*

O *YANG* é uma linguagem de modelação de dados usada para um modelo de configuração de estado dos dados. Esta linguagem é usada pelo protocolo de configuração de redes - *NETCONF* - e está publicada na *Request for Comments* (RFC) 6020, *Designs for the Construction of a YANG Language* relacionado com o conteúdo e operações nas camadas do *NETCONF* [13].

2) *XML*

O *eXtensible Markup Language* (XML) é usado para descrever dados. Este formato é relativamente fácil de usar e de ler e escrever dados. O XML é usado em várias áreas da Informática, entre elas as redes. Pode ser dinâmico e é muito semelhante ao *Hypertext Markup Language* (HTML). Pode-se considerar que a construção do XML é feita por blocos, identificados por *tags* [14].

3) *NETCONF*

O *Network Configuration Protocol* (*NETCONF*), genericamente, serve para fazer a gestão de configurações em dispositivos de rede e é baseado na codificação em XML [15]. Este protocolo define operações básicas que são equivalentes a comandos a serem executados na linha de comandos (CLI). Tal como no XML, o *NETCONF* também recorre a *tags*. Um dos fabricantes que utiliza *NETCONF* nos seus dispositivos é a Juniper Networks [16].

III. ARQUITETURA

De modo a enquadrar a solução/ferramenta a propor, primeiro apresenta-se uma estrutura lógica do SDN e posteriormente irá apresentar-se a arquitetura genérica da solução desenvolvida.

A estrutura lógica do SDN, baseada na arquitetura da mesma tecnologia, assenta em 3 camadas principais, que estão representadas na Fig. 1 e que são: *Application Plane*, *Control Plane* e *Data Plane*.

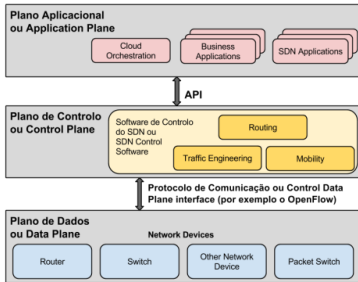


Figura 1. Estrutura lógica do SDN

De seguida serão explicadas cada uma das partes anteriormente referidas:

- *Application Plane*: no plano aplicacional referem-se algumas *net apps* como, por exemplo, aplicações de orquestração, de negócio e aplicações SDN;
- *Control Plane*: tem como objetivo implementar todos os protocolos de coordenação que sejam necessários para o correto funcionamento do *Data Plane*;
- *Data Plane*: serve para analisar os cabeçalhos dos pacotes recebidos e encaminhar esses pacotes para o seu destino final, dependendo das tabelas de encaminhamento e comutação. A ligação a esta camada pode ser feita recorrendo ao protocolo de comunicação *OpenFlow*.

Depois de apresentada de forma genérica a arquitetura SDN, apresenta-se agora uma abordagem do SDN mais vocacionada para a gestão de redes, adotada para a implementação deste trabalho. A arquitetura apresentada na Fig. 2 é, em si, bastante simples e divide-se em 3 camadas: utilizador, orquestração da rede e, por último, a rede propriamente dita.

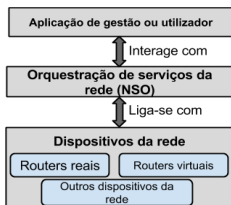


Figura 2. Arquitetura genérica da implementação realizada

A arquitetura é composta por 3 camadas, descritas de seguida:

- *Management Application or User*: esta camada, tal como o nome indica, é aquela onde o utilizador, que irá interagir com a rede, terá o papel principal e será onde se prevê que ele ocupe a maior parte do seu tempo;
- *Network Service Orchestration*: esta é a camada “inteligente” da arquitetura que se está a apresentar. É nesta camada que todo o processo se irá desenrolar. O *Network Service Orchestration* irá interpretar os *inputs* do utilizador e transformá-los para que possam ser aplicados à rede, que é a próxima e última camada a ser apresentada;
- *Network devices*: esta última camada é a infraestrutura física da rede, constituída pelo *core* e pelas redes de acesso, onde se pretende aplicar as configurações para gestão da rede e para a criação dos serviços que se pretendam implementar.

Após a apresentação da arquitetura genérica da solução implementada, irá passar-se para uma análise mais profunda da mesma.

A. Arquitetura utilizada para a implementação

A arquitetura mais detalhada, proposta para o desenvolvimento deste trabalho, encontra-se representada na Fig. 3.

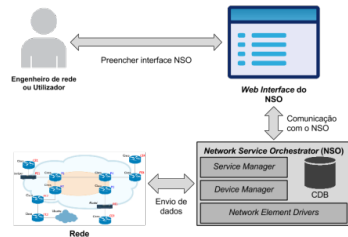


Figura 3. Arquitetura utilizada na proposta

Aqui, pode observar-se que, do início (*Network Engineer or User*) para o fim (*Network topology*), o utilizador apenas interage com um *WebUI* para configurar a rede do modo como é requerido. Os mecanismos necessários para converter as configurações de alto nível introduzidas pelo utilizador devem estar previamente configuradas e implementadas, permitindo que utilizadores com baixo nível técnico possam proceder à configuração da rede e dos serviços. De seguida, o formulário comunica com o orquestrador de serviços da rede (NSO) através da linha de comandos, sendo isto abstrato ao utilizador. É nesta fase do NSO que se dá todo o processo fundamental para o correto funcionamento da ferramenta desenvolvida. O NSO divide-se em 4 partes (3 camadas e uma parte referente ao armazenamento dos dados) [5]:

- *Service Manager*: é neste ponto que está a inteligência da ferramenta NSO e se possibilita a operadora a gestão, de alto-nível, de aspetos da rede que não sejam suportados nos dispositivos que estejam diretamente ligados. Definindo-se previamente os serviços, será a

partir daqui que a gestão (criação, edição ou eliminação) dos serviços da rede será feita em toda ela;

- *Device Manager*: tem como função fazer a gestão da configuração dos dispositivos de forma transaccional, suportando o recurso de sincronização de configurações de forma bidireccional e de mudanças refinadas em tempo real nos dispositivos;
- Base de dados do NSO ou *Configuration Database* (CDB): aqui é armazenada toda a informação referente às configurações dos dispositivos, havendo assim a sincronização dos dados. É no CDB que há sincronização, consistência e reconciliação no que diz respeito à configuração entre os serviços e os dispositivos;
- *Network Element Drivers* (NED): são os responsáveis pela ligação entre o NSO e os dispositivos de rede. Utilizando o conceito de atomicidade relativamente à execução dos comandos, o NSO, de acordo com o dispositivo que se pretende configurar, informa o NED do tipo do dispositivo (*device-type*), independentemente da marca/fabricante do dispositivo. O interface do dispositivo é modelado em ficheiros, recorrendo ao *YANG*, fazendo assim com que cada ficheiro esteja modelado com os comandos – que podem ser atualizados – do respetivo dispositivo. Há variação de filosofias dos NED, pois enquanto nuns é necessária a conversão dos comandos para o CLI (Alcatel e Cisco), noutros a conversão já não é necessária, pois utilizam o NETCONF (Juniper).

Por último, surge a rede e os dispositivos, que podem ser de diferentes marcas e modelos. Os equipamentos são dados a conhecer ao NSO através do protocolo de comunicação *Secure Shell* (SSH), na solução implementada.

Terminada a apresentação da arquitetura da ferramenta proposta, segue-se a Secção IV, onde se irá explicar toda a implementação realizada e que faz a ligação entre uma solução SDN e uma topologia de rede criada.

IV. PROTÓTIPO

A implementação efetuada teve por base a arquitetura apresentada na Secção III. Nesta secção, o que se irá aprofundar são os pontos da arquitetura utilizada, nomeadamente a implementação realizada e que tem como resultado final a apresentação de uma solução personalizada e simples de usar para o utilizador onde ele possa fazer a gestão de serviços de uma rede através de um interface gráfico desenvolvido de raiz.

A. Implementação do protótipo

Tal como já referido anteriormente, o que se propõe é o desenvolvimento de uma solução *Open Source* personalizada para uma rede, servindo esta para fazer a ligação de uma solução SDN com um interface gráfico desenvolvido onde se possa testar uma rede e respetivos serviços antes que esta seja colocada em produção. Com uma ferramenta deste género, com relativa facilidade e sem necessidade de profundos conhecimentos de redes informáticas, dá-se a possibilidade de gerir serviços sobre uma rede, podendo os dispositivos ser reais

ou virtuais. Um dado importante é que os serviços da rede ficam centralizados num ponto, simplificando a sua configuração. Do ponto de vista puramente visual, a ferramenta desenvolvida não é mais do que um interface gráfico ou *WebUI*, mas por trás deste interface está todo o desenvolvimento fundamental para a correta gestão de uma rede, independentemente das suas características. De seguida será explicado o processo de implementação da ferramenta proposta. A solução desenvolvida assenta em 3 fases principais:

- Cenário/topologia da rede – onde estão presentes os equipamentos da rede;
- Desenvolvimento da camada intermédia – camada que vai fazer a ligação entre a configuração e os equipamentos da rede e que é transparente para o utilizador. A base do desenvolvimento foi a utilização da plataforma “*Cisco Network Service Orchestrator* (NSO) *enabled by Tail-f*” (NSO) e acaba por ser esta que liga a topologia da rede ao interface gráfico. Esta fase será o *back-end* para o utilizador;
- Interface gráfico – local principal de interação entre o utilizador e a rede. *Front-end* para o utilizador. É importante notar que apesar de várias soluções SDN terem a sua própria *WebUI*, ela é genérica e pode não ser intuitiva. A interface desenvolvida tem como propósito ser personalizada e fácil de utilizar.

A implementação destas 3 fases será apresentada nas subsecções seguintes.

1) Cenário/topologia da rede

No início criou-se a uma máquina virtual Linux Ubuntu a correr a versão 14.04. Nessa máquina desenvolveu-se uma rede no *software* de simulação de redes GNS3 [17], apresentada na Fig. 4, onde foram configurados equipamentos de diversos fabricantes diferentes, entre eles Cisco e Juniper.

Nos *routers* da Cisco foi utilizado o ficheiro “*c3725-adventerprisek9-mz.124-25d.bin*” para virtualizar o IOS. Já para Juniper teve de se recorrer a uma imagem *vSRX Open Virtual Application* (OVA), mais especificamente a versão 12.1X47-D15.4 do JunOS vSRX. As únicas configurações feitas nestes equipamentos foram: o endereçamento, o encaminhamento, que no caso foi o *Open Shortest Path First* (OSPF), e a configuração do protocolo de comunicação utilizado – SSH.

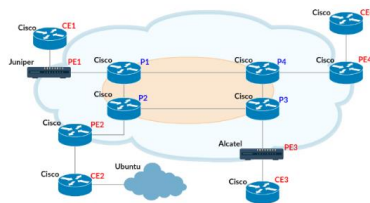


Figura 4. Topologia da rede de testes definida no GNS3

A fazer a ligação entre a topologia, apresentada na Fig. 4, e o interface gráfico desenvolvido utiliza-se, tal como referido

anteriormente, a solução NSO que será aprofundada na próxima subsecção.

2) Desenvolvimento da camada intermédia

Depois de a topologia e respetiva configuração dos equipamentos estar concluída, definiram-se alguns serviços na rede. Um dos objetivos da utilização da ferramenta era que mais tarde os serviços viessem a ser configurados recorrendo ao interface gráfico desenvolvido. Os serviços aplicados na solução foram *Quality of Service (QoS)*, *Virtual Private Network (VPN)* e um serviço simples de *Virtual Local Area Network (VLAN)*, assim como a configuração do *Hostname* dos equipamentos. Todos estes serviços referidos foram implementados e estão presentes na solução desenvolvida, mas apenas o último serviço viria a servir como prova de conceito, apesar de o processo apresentado de seguida ser semelhante para todos os serviços. Após a definição dos serviços de comunicação, definiram-se os parâmetros de configuração dos mesmos. Para tal, criou-se um esqueleto do serviço a ser implementado. Nesse esqueleto existem diversos ficheiros, entre eles o de modelação de serviços, recorrendo ao *YANG*. É nos ficheiros *YANG* que são definidos os campos ou parâmetros a serem pedidos para a correta implementação dos serviços na rede. Na Fig. 5 é apresentada parte de um exemplo de um ficheiro *YANG (hostname.yang)* desenvolvido para a implementação do serviço de *Hostname*, que tem por objetivo a alteração do *hostname* no dispositivo pretendido. Este serviço, tal como referido previamente, serve para demonstrar a implementação feita e terá reflexo nos dispositivos da rede de teste. Para os outros serviços implementados aplicou-se o mesmo método de modelação.

```

module hostname {
  namespace "http://com/example/hostname";
  prefix hostname;
  import tailf-ncs {
    prefix ncs;
  }
  container host {
    list hostname {
      description "Configure hostname";
      key name;
      uses ncs:service-data;
      ncs:servicepoint "hostname";
      leaf name {
        type string;
      }
      leaf device {
        type leafref {
          path
            "/ncs:devices/ncs:device/ncs:name";
        }
      }
      leaf changeto {
        type string;
      }
    }
  }
}

```

Figura 5. Ficheiro YANG desenvolvido para modelação de um serviço simples: *Hostname (hostname.yang)*

Na Fig. 5 pode-se observar os parâmetros definidos e que servirão de base aos dados a serem preenchidos no NSO. Pode-se verificar que o *YANG* modela o nome do dispositivo cujo *hostname* se pretende alterar e o seu próprio *hostname*. Caso se execute o comando para a criação do serviço de *Hostname*, ele é executado, mas apenas terá efeito no armazenamento de dados no NSO CDB. Depois da alteração do ficheiro *YANG*, deve-se definir o mapeamento do serviço para que, assim, o comando seja executado e o serviço criado. Relativamente à definição do mapeamento, isto não é mais do que a alteração

do *template (hostname.xml)* que é gerado quando se cria o serviço no NSO. Assim, e para o exemplo do serviço *Hostname*, o resultado do *template* poderá ser o apresentado na Fig. 6.

```

<config-template xmlns=http://tail-f.com/ns/config/1.0
servicepoint="hostname">
  <devices xmlns="http://tail-f.com/ns/ncs">
    <device>
      <name>{/device}</name>
      <config>
        <hostname
xmlns="urn:ios">{/changeto}</hostname>
          <configuration
xmlns="http://xml.juniper.net/xnm/1.1/xnm">
            <system>
              <host-
name>{/changeto}</host-name>
            </system>
          </configuration>
        </config>
      </device>
    </devices>
  </config-template>

```

Figura 6. Template do serviço *Hostname (hostname.xml)*

Na Fig. 6 pode-se ainda observar que o *template* já segue a configuração do *hostname*, seja para um *router* Cisco, identificado pelo seu sistema operativo (IOS), seja para o *router* da Juniper, identificado pelo seu sistema operativo (JunOS).

Na Fig. 7 apresenta-se um comando que serve de exemplo à configuração do serviço *Hostname* e que pode servir para a execução prática de alteração do *hostname* de um dispositivo, neste caso do *router* p0.

```

admin-ncs(config)# host hostname troca device p0 changeto
p0cisco
admin-ncs(config)# commit

```

Figura 7. Exemplo de comando para criação de serviço *Hostname* no NSO

Depois de explicado o NSO, passa-se agora à explicação do processo de criação da interface gráfica que, para o gestor de rede, será a única parte que ele irá usar para fazer a gestão de serviços, depois de a rede e o serviço estarem criados, naturalmente.

3) Ferramenta desenvolvida

A fase final resultou no desenvolvimento de um interface gráfico, criado pelos autores, que será onde se prevê que o utilizador interaja a maior parte do tempo no que toca à parte de gestão de serviços. O interface gráfico foi criado em *WordPress* e tenta ser o mais objetivo possível. É importante notar que o objetivo principal não foi a implementação de um interface *web* de alto nível, mas sim o desenvolvimento de uma solução que possa servir numa fase prévia à configuração da rede e do serviço em produção. Tentou criar-se um interface que fosse simples e funcional, de modo a facilitar ao máximo a sua utilização.



Figura 8. Esquema de utilização do interface gráfico

Na Fig. 8 está representado o esquema de interação entre o utilizador e a ferramenta de configuração, que posteriormente

se irá refletir na rede existente. A implementação da *WebUI* dividiu-se em duas partes: a visível (*front-end*) e a não visível (*back-end*), onde se está a executar os processos mais importantes. O *front-end* é muito simples e baseia-se, sobretudo, em botões e formulários de preenchimento. O *back-end* é onde se faz a leitura dos dados que foram previamente preenchidos nos formulários pelo utilizador. Essa leitura segue a sequência apresentada na Fig. 9.

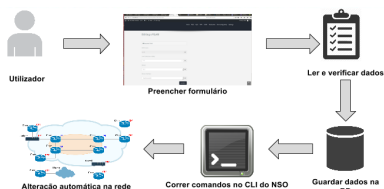


Figura 9. Sequência de execução do processo executado em back-end no interface gráfico

Relativamente à base de dados, ela é muito simples e serve principalmente para sincronizar os dados a serem apresentados no formulário com os dados existentes no NSO. O comando mais importante, através do qual se faz a ligação entre o interface gráfico e o terminal NSO é o apresentado na Fig. 10.

```
$ /home/tail-f/ncs_new/bin/ncs_cli -C -u admin
```

Figura 10. Comando de acesso ao terminal NSO

A execução de um *script* com este comando tem reflexo no terminal NSO e, mais tarde, na rede existente.

Dá-se, assim, por concluída a implementação realizada. Para finalizar o capítulo, apresenta-se um teste exemplificativo de todo o processo realizado.

B. Testes ao funcionamento da ferramenta

De modo a confirmar o bom funcionamento da ferramenta proposta, apresenta-se um teste a um serviço simples de alteração do *hostname*, cujo formulário foi previamente preenchido pelo utilizador no interface gráfico desenvolvido. Se estes estiverem válidos, o comando é executado no terminal do NSO, os dados são guardados no CDB e é feita a definição do mapeamento. Esta definição tem reflexo no resultado do *template* no ficheiro XML, apresentado previamente na Fig. 6. Por fim, o NED interpreta os dados recebidos e o comando é executado no equipamento e, como se pode observar na Fig. 11, o resultado obtido é bem-sucedido.

```
CEZ#
CEZ#
#RP# 3 15:49:08.208: NSYS-S-CONFIG_1: Co
(192.168.208.2)
CEZ#show
CEZ#show
CEZ#show run
CEZ#show runn
CEZ#show running-config
Building configuration...

Current configuration : 1288 bytes
!
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
!
hostname CEZisco
```

Figura 11. Resultado da execução do comando de criação de um serviço

Foi também testado o serviço de QoS e o mesmo apresentou os resultados esperados, pois no equipamento da

Alcatel constataram-se alterações ao nível da configuração do serviço referido.

Conclui-se, assim, a apresentação da implementação e demonstração da execução da mesma.

V. CONCLUSÃO E TRABALHO FUTURO

Propôs-se e implementou-se uma ferramenta *Open Source* que permite realizar a gestão de uma rede e respetivos serviços de um modo mais centralizado, graças à utilização do conceito de SDN, possibilitando ainda testar uma rede com equipamentos tanto reais como virtuais, antes que esta rede seja colocada em produção evitando, assim, possíveis erros e falhas de configuração. É também possível a gestão de serviços de uma rede antes de estes serviços serem colocados em produção podendo, assim, ser feitos todos os testes necessários. O facto de a solução ser mais automatizada permitirá facilitar alguns processos de configuração. Logo, pode-se canalizar o tempo despendido na criação ou otimização de serviços e/ou da rede para aspetos mais importantes, como a criação de novos serviços, por exemplo. Na prática, basta fazer a adição de uma ferramenta à rede e esta fica pronta a ser utilizada na rede.

Como trabalho futuro, pode-se propor a utilização de uma solução alternativa que não a Cisco NSO, a utilização de outro modo de acesso à comunicação entre o NSO e a ferramenta que não os *scripts* em *bash* e a utilização de uma ferramenta alternativa à ferramenta GNS3.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- CISCO SYSTEMS, INC. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2014–2019. [S.l.], 2015.
- LAWSON, S. Update: ICANN assigns its last IPv4 addresses. Computerworld, Inc., 03 fevereiro 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/ZzdW3K>>. Acesso em: 05 dezembro 2015.
- HP ENTERPRISE BUSINESS. Why SDN. Software-defined Networking?, 2014. Disponível em: <<https://goo.gl/kfclYH>>. Acesso em: 05 dezembro 2015.
- OPEN NETWORKING FOUNDATION. Software-Defined Networking (SDN) Definition. Open Networking Foundation. Disponível em: <<https://goo.gl/hMOCuy>>. Acesso em: 10 janeiro 2016.
- NUAGE NETWORKS. Products - Nuage Networks. Nuage Networks. Disponível em: <<http://www.nuagenetworks.net/products/>>. Acesso em: 15 dezembro 2014.
- NUAGE NETWORKS. Virtualized Services Platform. Nuage Networks VSP Data Sheet, junho 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/Qj4nqB>>. Acesso em: 15 dezembro 2014.
- CISCO SYSTEMS, INC., TAIL-F SYSTEMS. Cisco Network Service Orchestrator (NSO) enabled by Tail-f. Disponível em: <<http://goo.gl/qEGx5M>>. Acesso em: 22 dezembro 2015.
- HP ENTERPRISE BUSINESS. Leverage SDN: Create consumable, programmable, and scalable cloud networks. [S.l.], p. 17. 2015.
- NUAGE NETWORKS. Arista and Nuage Networks: Building Cloud Datacenters with OpenStack, 01 dezembro 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/z4juN>>. Acesso em: 07 janeiro 2016.
- MCKEOWN, N. et al. OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks. [S.l.], p. 1. 2008.
- KULTAN, M. Nuage - Virtualized Services Platform (VSP) & Network Services (VNS). Viena, Áustria, p. 16. 2015.
- CISCO SYSTEMS, INC. Tail-f Network Control System 3.3 Getting Started Guide. San Jose, CA, USA, p. 1; 3; 51-52; 59. 2014.
- CISCO SYSTEMS, INC., TAIL-F SYSTEMS. What is YANG? Disponível em: <<http://www.tailf.com/education/what-is-yang/>>. Acesso em: 25 novembro 2014.
- ROUSE, M. What is XML (Extensible Markup Language)? TechTarget, dezembro 2014. Disponível em: <<http://goo.gl/v65bZi>>. Acesso em: 10 janeiro 2016.
- ENNS, R. et al. RFC 6241 - NETCONF Configuration Protocol. RFC 6241, junho 2011. Disponível em: <<https://tools.ietf.org/html/rfc6241>>. Acesso em: 31 dezembro 2015.

16. JUNIPER NETWORKS, INC. Junos OS NETCONF XML Management Protocol Developer Guide. [S.l.], p. 3. 2015.
17. GNS3 TECHNOLOGIES INC. What is GNS3? GNS3, 2016. Disponível em: <<https://www.gns3.com/software>>. Acesso em: 21 fevereiro 2016.

Uso da Tecnologia Em Prol dos Deficientes Visuais

Use of technology in support of the Visually Impaired

Aline Araújo Cordeiro, Maria Nadyne da Costa Maciel, Sândylla Aydhla Cintra de Andrade, José Almir Freire de Moura Júnior

IFPE – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
Belo Jardim, Brasil

alineacraujocordeiro@hotmail.com, marianadyne@yahoo.com.br, sandyllaandrade@outlook.com,
almir.moura@belojardim.ifpe.edu.br

Resumo — Neste artigo, podemos observar as dificuldades que os deficientes visuais possuem para ter acesso aos aparelhos e aplicativos tecnologicamente desenvolvidos para eles. Visamos também uma forma dos deficientes visuais interagirem cada vez mais com a sociedade e que sejam vistos sem preconceito.

Palavras Chave - deficientes visuais; produtos, aplicativos.

Abstract — This article, we can see the difficulties that the visually impaired have access to technologically advanced devices and applications for them. We aim also a way of visually impaired interact increasingly whit society and are seen without prejudice.

Keywords - visually impaired; products , applications.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente os deficientes visuais não estão utilizando tanto a tecnologia que foi desenvolvida para eles, pelo fato dos equipamentos desenvolvidos terem um valor alto, pois não há muita produção desses equipamentos, e também os aplicativos não são tão conhecidos [1].

O acesso a esses equipamentos torna-se difícil a partir do momento em que as empresas priorizam os produtos para as pessoas que não são deficientes visuais, e em relação aos aplicativos eles não são divulgados como deveriam ser. Uma forma de tornar esses equipamentos acessíveis é aumentando a produção dos mesmos e disponibilizando mais equipamentos no mercado acessível, tornando-os mais conhecidos [2].

Conforme [3], atualmente, várias tecnologias e técnicas disponíveis buscam permitir a utilização de eletrônicos por deficientes. Uma das mais importantes delas, a audiodescrição, tornaria a TV mais acessível aos cerca de 16 milhões de deficientes visuais do Brasil. No entanto, ela ainda caminha a passos lentos no país.

Neste cenário, o artigo visa analisar as formas que temos para disponibilizar esses produtos e aplicativos para todos os deficientes visuais e para que essas pessoas possam interagir mais com a sociedade.

II. MOTIVAÇÃO

Influenciar a disponibilização dos equipamentos e a divulgação dos aplicativos desenvolvidos para deficientes visuais.

III. PROBLEMA

O que dificulta o acesso dos deficientes visuais aos equipamentos e aplicativos desenvolvidos para eles?

IV. HIPÓTESE

O valor dos equipamentos desenvolvidos para os deficientes visuais é muito alto, tornando-se assim inacessíveis para a maioria deles, além disso, os aplicativos não são divulgados como deveriam.

V. OBJETIVOS

A. Geral

- Mostrar como o uso da tecnologia beneficia os deficientes visuais.

B. Específicos

- Realização de pesquisas bibliográficas; e
- Aplicação de um questionário.

VI. METODOLOGIA

Para chegarmos aos resultados apresentados na seção seguinte, foi aplicado um questionário com 20 pessoas. Os resultados serão apresentados na seção a seguir:

VII. RESULTADOS

Nesta seção, serão descritos os resultados obtidos através de um Questionário:

A primeira pergunta do Questionário visava identificar o perfil de cada participante, o resultado está evidenciado conforme a Fig. 1 abaixo:

Qual o seu perfil?

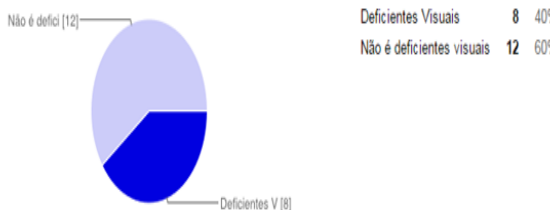


FIGURA 1 – Perfil dos participantes da pesquisa

Nota-se que a maioria dos participantes não eram deficientes visuais. Isso não contribui muito para a pesquisa, já que público alvo da mesma seriam os deficientes visuais.

O segundo questionamento visava identificar a faixa etária dos participantes, a Fig. 2 abaixo evidencia os resultados encontrados:

Qual a sua idade?

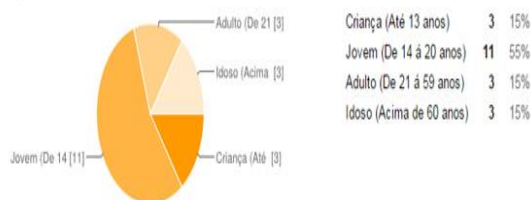


FIGURA 2 – Faixa etária dos participantes da pesquisas

Como podemos observar, a maioria dos entrevistados são jovens com idades entre 14 e 20 anos. Isso nos fez perceber que é entre os jovens que há a maior dificuldade de socialização.

No terceiro resultado (Fig. 3), procuramos observar como o governo auxilia os deficientes visuais para que eles tenham fácil acesso aos aplicativos e aparelhos especialmente desenvolvidos para os eles:

Em relação ao governo qual a sua opinião a respeito desses aparelhos? Contribuem para fácil acesso ?

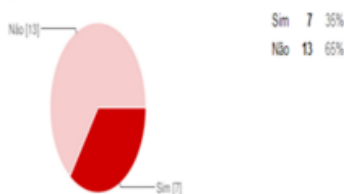


FIGURA 3– Contribuição do governo brasileiro aos deficientes visuais

Foi indicado no gráfico acima, que a maioria das pessoas entrevistadas acham que o governo não contribui para o fácil acesso desses produtos, tornando assim o número de pessoas que possuem esse equipamento muito baixo.

No quarto resultado (Fig. 4), procuramos saber qual a opinião dos entrevistados sobre o valor desses produtos desenvolvidos especificamente para eles.

Sobre os produtos que temos para auxílio dos deficientes visuais o que vocês acham do preço?

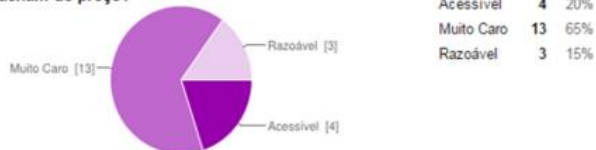


FIGURA 4– Análise do custo dos produtos para auxílio aos deficientes visuais

Como se pode observar acima a maioria dos entrevistados acham o valor dos equipamentos muito alto (65%), o que dificulta o acesso aos mesmos, especialmente por parte dos usuários pertencentes a classes sociais menos favorecidas.

No quinto resultado evidenciado pela Fig. 5, procuramos saber o que os entrevistados acham dos produtos e aplicativos desenvolvidos para os mesmos.

Em relação as pessoas que possuem esses produtos, o que vocês acham deles?

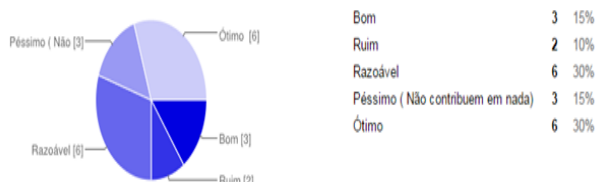


FIGURA 5– Análise dos produtos desenvolvidos para os deficientes visuais

Os resultados obtidos acima demonstram que os entrevistados ficaram divididos entre razoável e ótimo, isso mostra que para algumas pessoas esses equipamentos facilitam a sua vida, já para as outras pessoas esses equipamentos não supriram as necessidades esperadas.

No sexto resultado (Fig. 6) procuramos saber se os equipamentos são encontrados com facilidade no mercado.

Esses produtos (Computadores e celulares em braille) que auxiliam os deficientes são fácil de encontrar no mercado?

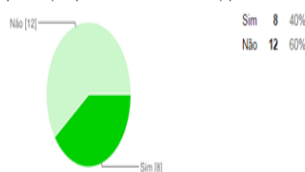


FIGURA 6– Disponibilidade dos produtos para deficientes visuais

Podemos observar acima que a maioria dos entrevistados opinou que estes equipamentos não são de fácil acesso. Isso mostra que os desenvolvedores desses produtos não divulgam de forma adequada os mesmos para o público, o que dificulta a aquisição dos mesmos.

No sétimo e último resultado (Fig. 7) questionamos os entrevistados a respeito do nível de socialização que esses equipamentos trazem para os deficientes.

Esses produtos contribuem para os deficientes visuais socializarem?

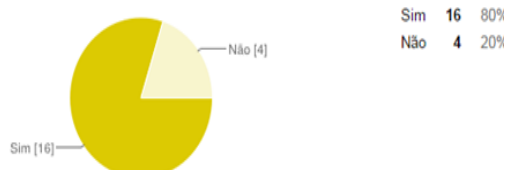


FIGURA 7— Relação Produtos versus nível de socialização

Analisando os resultados acima, percebemos que de acordo com os entrevistados esses produtos auxiliam bastante a integração dessas pessoas na sociedade. Logo, deveria se encontrar uma forma de facilitar o acesso e a aquisição destes produtos por parte dos deficientes visuais.

IX. CONCLUSÕES

Com os dados apresentados acima, concluímos que esses produtos são de extrema importância para os portadores da deficiência visual, contudo os mesmos não possuem um valor acessível para boa parte da população que necessita dos mesmos, além disso, estes produtos não são fáceis de serem encontrados, o que dificulta a sua utilização.

Contribuições da Pesquisa

Alertar a comunidade científica, as pessoas e autoridades, para os problemas enfrentados pelos deficientes visuais, a fim de que soluções sejam propostas e implementadas, de modo que a vida dos mesmos pudesse ser facilitada.

Limitações da Pesquisa

Como limitações da presente pesquisa podemos indicar o baixo número de participantes no questionário, bem como o perfil dos participantes, que poderia ser ampliado, dando maior ênfase a pessoas com deficiência visual. Além disso, o artigo poderia fazer uso de trabalhos relacionados a esta temática, de modo que os resultados dos mesmos pudessem ser confrontados com os deste trabalho.

Trabalhos Futuros

Fazer com que deficientes visuais possam testar os produtos desenvolvidos para eles, e desta forma, fazer uma análise das melhorias obtidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] AGUILHAR, L. **Novas tecnologias ajudam cegos a ver**. Link. Disponível em: <<http://blogs.estadao.com.br/link/novas-tecnologias-ajudam-cegos-a-ver/>>. Acesso em: 14 fev. 2016.
- [2] GLOBO. **Mundo virtual se adapta a deficiente visual**. G1. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Tecnologia/0,,MUL106517-6174-00-MUNDO+VIRTUAL+SE+ADAPTA+A+DEFICIENTE+VISUAL.html>>. Acesso em: 14 fev. 2016.
- [3] GLOBO. **Tecnologia amplia acessibilidade para deficientes auditivos e visuais**. Globo Ciência. Disponível em: <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2013/06/tecnologia-amplia-acessibilidade-para-deficientes-auditivos-e-visuais.html>>. Acesso em: 14 fev. 2016.

Diseño de un Prototipo Ontológico de toma de Decisiones basado en Narrativas Jurídicas

Design of an Ontological Prototype for decisions-making based on Narratives Legal

Héctor F Gómez A

Electronics, Department of Artificial Intelligence,
Universidad Técnica Particular de Loja, Marcelino
Champagnat S/N, 1101608, Loja, Ecuador
hfgomez@utpl.edu.ec

Jorge Benitez

Faculty of Law , Department of Law, Universidad Técnica
Particular de Loja, Marcelino Champagnat S/N, 1101608,
Loja, Ecuador
jabenitezxx@utpl.edu.ec

Hernán Antonio Yaguana Romero

Departamento de Comunicación Social
Universidad Técnica Particular de Loja, Marcelino
Champagnat S/N, 1101608, Loja, Ecuador
hayaguana@utpl.edu.ec

Susana Alexandra Arias Tapia

Electronics, Department of Artificial Intelligence,
Universidad Técnica Particular de Loja, Marcelino
Champagnat S/N, 1101608, Loja, Ecuador
saarias@utpl.edu.ec

Henry Rodriguez Martinez Ruque

Faculty of Law , Department of Law, Universidad Técnica
Particular de Loja, Marcelino Champagnat S/N, 1101608,
Loja, Ecuador
hrmartinez2@utpl.edu.ec

Daniel Sanchez Guerrero

Departamento de Ciencias de la Vida
Universidad Estatal Amazónica
Paso lateral, km 2 1/2 vía Tena
Puyo - Ecuador
dsanchez@uea.edu.ec

Resumen — El tener sistemas que ayuden a la toma de decisiones en el razonamiento judicial (sentencias) es de vital importancia en el derecho. En este trabajo se presenta un modelo ontológico de prototipado rápido que permite inferir conocimiento a partir de conexiones de proposiciones (hechos fácticos), pruebas y normas jurídicas. Estas conexiones, con base en el modelo conexionista han sido utilizadas en el prototipo, el cual fue modelado con facilidad y rapidez por medio de la relación semántica ontológica. Se concluye que las ontologías son una excelente herramienta a la hora de modelar narrativas judiciales (sentencias) que conduzcan a la culpabilidad o inocencia de una persona en el ámbito penal.

Palabras Clave – *Ontología; jurídica; narrativa.*

Abstract — Having systems that help decision legal guilt or innocence is vital in law. This paper presents an ontological model of rapid prototyping that knowledge can be inferred from propositions connections and legal evidence is presented. These connections, proposals and tests have been modeled on the prototype, which was modeled easily and quickly through the ontological semantic relationship. We conclude that ontologies are an

excellent tool in shaping legal narratives that lead to guilt or innocence of a person.

Keywords - *Ontology; legal; narrative.*

I. INTRODUCCIÓN

El fundamento ontológico del derecho indica que se debe facilitar lo positivo y poner freno a la guerra de modo asociativo. Esto implica que el sentido del derecho es humano, en el sentido de que la fuente de todo el contenido del derecho no es espontánea, sino que viene de fuera es decir de las personas. El derecho dirime el problema de la sola certeza o validez. Esto asume el sentido del derecho. El hombre es el centro del derecho con sus extremos de finitud e infinitud.

II. ONTOLOGÍA Y DERECHO.

A. *Conexión entre Ontología y Derecho*

Y es allí en donde se encuentra la conexión entre ontología y derecho, lo cual aprovechamos para proponer el trabajo. Se intenta modelar mediante un prototipado rápido el manejo de casos jurídicos. Se trata de aprovechar las narrativas jurídicas para que vayan alimentando la creación de clases, relaciones e

instancias, que le sirvan al razonador ontológico para obtener e inferir conocimiento. Se aplican los conceptos semánticos de la ontología en el ejemplo de Caín y Abel que se obtiene de (Cáceres Nieto, 2010). Los resultados mostraron que el prototipado fue rápido al utilizar las ontologías y la facilidad de conectar a las proposiciones con los diferentes tipos de prueba, fue dado porque el concepto de ontología permite el obtener de forma fácil esa conexión. De allí que, se pudo inferir conocimiento y conexiones entre clases e instancias en la ontología comprobando el modelo propuesto para el caso de estudio. Esto permite concluir que las ontologías constituyen una buena herramienta para crear prototipos de descripción de casos jurídicos, los mismos que pueden ser utilizados por los jueces para tomar decisiones de culpabilidad e inocencia. Con el fin de describir de mejor manera este estudio, a continuación presentamos el estado del arte, para luego describir la metodología. En el apartado metodológico describimos con un ejemplo las clases de la ontología y las relaciones entre ellos, además de sus conexiones. Por último exponemos las conclusiones y trabajos futuros productos de este trabajo.

B. Estado del Arte

Es importante plantear otros trabajos realizados en estas líneas de estudio, como por ejemplo el introducir el rol de aplicación en la tecnología de la Web Semántica para el ámbito jurídico. En estos trabajos también se habla que es posible de un cambio en la mentalidad de los juristas. Estos cambios van generando nuevos espacios y nuevas oportunidades para la informática jurídica y para la gestión del conocimiento jurídico. Las nuevas tecnologías implican cambios importantes para los jueces en la documentación consultoría y otros hábitos de trabajo. En la actualidad, los códigos legales y muchas publicaciones judiciales están siendo archivados en soporte electrónico y complejo de texto y bases de datos que se construyen. ¿Cómo los jueces están trabajando actualmente y cuáles son sus dificultades? Sería una red interactiva que ayudará a resolverlos casos que se enfrentan? Técnicas de exploración multidimensionales se utilizan para diseñar tipologías de acuerdo con el conjunto de las respuestas relativas a la Consulta de documentos. También se evidencian trabajos donde proponen una serie de tipos básicos y las funciones de las ontologías, y donde utilizan como base para analizar varias ontologías legales en el AI, la Ley y la literatura. Obviamente discuten algunas de las dimensiones en las que podrían distinguir los tipos de ontologías. El creciente desarrollo de ontologías legales parece ofrecer interesantes soluciones a la formalización del conocimiento jurídico, que en experiencias pasadas dan lugar a una explotación limitada de sistemas expertos legales para el uso práctico. Este paper describe el diseño de un prototipo ontológico como un enfoque constructivo a la ontología jurídica puede proporcionar componentes útiles para crear sistemas de soporte de decisiones legales de nuevo diseño, ya sea como locales o basada en la Web de servicios semánticos.

III. METODOLOGÍA

Se toma en cuenta el documento de (Cáceres Nieto, 2010) para especificar cada una de las clases que componen la ontología LO (Law Ontology). Las clases principales de LO se muestran en la Figura 1:

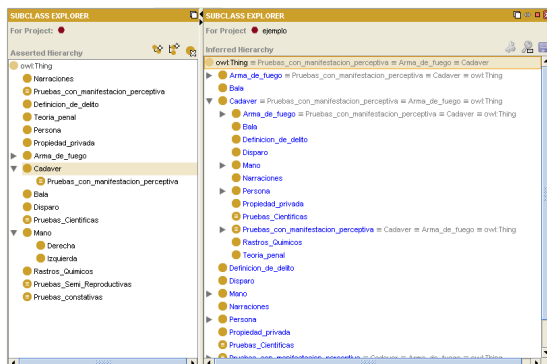


Figura 1. Ontología para las pruebas

La Figura 1 muestra las clases principales de la ontología. Cada una de las clases forman parte de los componentes múltiples que utiliza un juez al momento de emitir una sentencia judicial (narraciones, pruebas, normativa, teoría general). (Cáceres Nieto, 2010). Un ejemplo de estas pruebas es:

Nodos proposicionales:

- N(p)1: Caín disparó un arma de fuego. ● Persona ● disparo ● Arma_de_fuego
- N(p)2: Caín disparó contra Abel. ● Persona ● disparo ● Persona
- N(p)3: El disparo realizado fue el causante de la muerte de Abel. ● Disparo ● causa_la_muerte ● Persona
- N(p)4: Caín actuó en legítima defensa. ● Persona ● actuó_en_legitima_defensa

Figure 2. Proposiciones representadas en la ontología

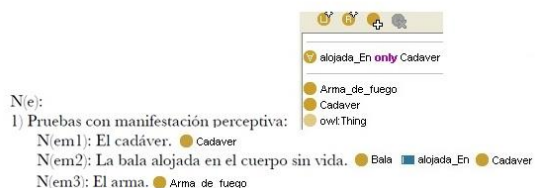


Figure 3. Pruebas con manifestación perceptiva

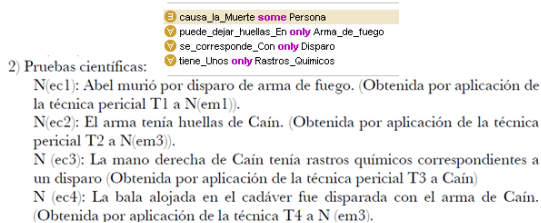


Figure 4. Pruebas científicas

- 3) Pruebas semi-reproductivas:
- N (es1): Disparé un arma de fuego (confesión de Caín)
 - N(es2): Abel me amenazó de muerte (confesión de Caín).
 - N(es3): Abel sacó un arma (confesión de Caín).
 - N(es4): Privé de la vida a Abel (confesión de Caín)
 - N (es5): Actué en legítima defensa (confesión de Caín).
 - N(es6): Abel amenazó de muerte a Caín (testimonio del tío de Caín).
 - N (es7): Abel sacó un arma de fuego (testimonio del tío de Caín).
 - N (es8): Caín disparó antes de que disparara Abel (testimonio del tío de Caín).

Figure 5. Pruebas Semi-Reproductivas

- 4) Pruebas constataivas:
- N (ek1): Ficha de Abel con antecedentes por tráfico de droga y homicidio.

Figure 6. Pruebas constataivas

Las Figuras 2 a 5 contienen la representación ontológica de las proposiciones (distintos tipos de pruebas) que se necesitan para inferir un evento, en este caso para inferir la culpabilidad o inocencia de una persona. Lo que sigue es establecer las conexiones y el peso epistémico para cada una de las pruebas (para determinar el peso epistémico, dado que es un estado subjetivo en el razonamiento del juez, se ha utilizado la escala de Likert en los diferentes umbrales alto (es verdad que "p"; medio (estar probado que "p"); bajo (tener probado que "p") :

- N (n1): Comete el delito de homicidio quien priva de la vida a otro.
- N(n2): Si alguien priva de la vida a otro en legítima defensa, entonces no es responsable de homicidio.
- N (n3): Caín es responsable del delito de homicidio (y por lo tanto debe ser sancionado).

La conexión entre nodos proposicionales y normativos sería la siguiente:

- N (n1) \bowtie [N (p1), N (p2), N(p3)]
- N (n2) \bowtie [N (p4)]

Figure 7. Conexiones entre proposiciones y pruebas

Estas conexiones hacen que el orden taxonómico cambie, y se obtiene como resultado a una nueva ontología:

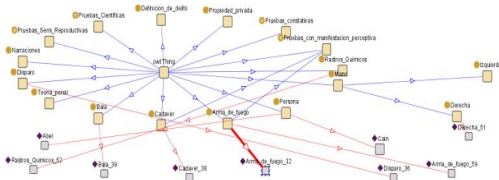


Figure 8. Nuevo orden taxonómico

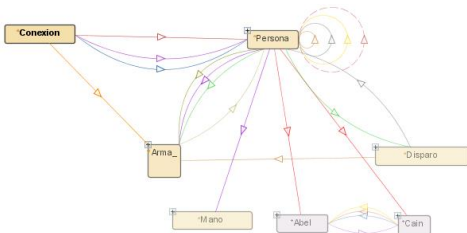


Figure 9. Análisis de las conexiones

En las Figuras 8 y Figura 9 se observa como el orden taxonómico cambia y además que las conexiones permiten unir a persona (Abel, Caín), arma, disparo, mano a partir de las inferencias que resultan de ejecutar los axiomas.

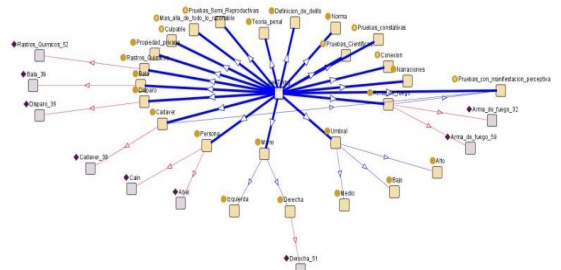


Figure 10. Ontología para el ejemplo de Caín y Abel

La Figura 10 muestra una captura de pantalla para la ontología del ejemplo. La conexión entre las pruebas y proposiciones dan como resultado inclusive que se pueda ubicar a lado de las pruebas, un nuevo método de inferencia, llamado Más allá de lo razonable, el cual ocurre cuando el Juez debe tomar su propia decisión para eliminar la indecisión de las pruebas. Con el ejemplo instanciamos la ontología, y un primer resultado de inferencia ontológica es:

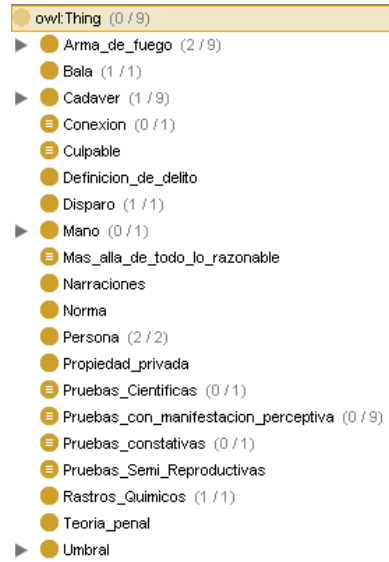


Figure 11. Inferencia a partir de la ontología

La Figura 11 muestra que el conocimiento ha sido inferido. Las pruebas científicas, perceptivas y constataivas, han recibido parte del conocimiento de acuerdo a la narración de los hechos. Las pruebas toman el conocimiento razonado, por

ejemplo la prueba perceptiva que tiene la mayor parte del conocimiento adquirido relaciona automáticamente a:



Figure 12. Relación de instancias en la ontología

Las instancias ontológicas que se muestran en la Figura 12 están relacionadas por medio de clases en la ontología. Pero es necesario destacar que la relación se crea de forma automática y lo mismo ocurre con los cambios en la taxonomía. El prototipo ontológico es capaz de relacionar un conjunto de elementos que facilitan la decisión de un juez. Estas instancias se crean a partir de las narraciones y es el prototipo ontológico quien las relaciona. Además existen pruebas científicas que también reciben el conocimiento inferido:

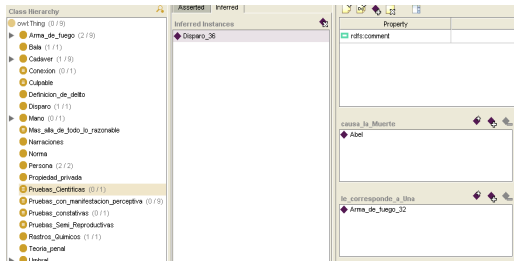


Figure 13. Prueba científica

En la Figura 13 se muestra que para la prueba científica se ha inferido que el disparo 36 causó la muerte de Abel y que fue realizado con el Arma de fuego 32. Al observar lo inferido para el arma de fuego 32:



Figure 14. Arma de Fuego 32

En la Figura 14 se observa la inferencia para definir el dueño del Arma de Fuego 32, que en este caso es Caín, lo que hace suponer que Caín es culpable de la muerte de Abel. Además, que el Arma de Fuego 32 está relacionada con el Arma de Fuego 59, Bala 39, Cadáver 38, Derecha (mano derecha), Disparo 36, y con Rastros Químicos 52. Todas estas relaciones no se establecieron al inicio, simplemente se colocaron las instancias en la ontología y es el razonador lógico

quien establece las relaciones entre clases y por ende entre instancias.

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un prototipo ontológico para modelar proposiciones fácticas, pruebas y normas para conectarlas de forma conexionista y coherentista en un caso jurídico. Empezamos con crear clases y propiedades según van ocurriendo las narraciones del hecho jurídico. Se plantea el ejemplo de Cain y Abel, en el cual ocurren hechos que pueden conducir a la culpabilidad o inocencia de una persona. Todos los elementos han podido ser modelados en la ontología y también las relaciones entre las clases. Pudiendo con ello conseguir que la ontología pueda modelar las conexiones entre proposiciones o hechos narrativos, pruebas y normas (Cáceres Nieto, 2010). Esto indica que las proposiciones que se manejan en la semántica pueden contribuir con muy poco esfuerzo a detallar casos jurídicos como el que se maneja en el ejemplo. Y no solamente eso, sino que la creación de un prototipo de inferencia ontológica jurídica fue creado con facilidad. El prototipo fue capaz de automáticamente distinguir las conexiones entre las clases y las entidades lo que permitirá, en una aplicación final, que el juez pueda distinguir las conexiones semánticas lógicas y con ello conducir la redacción de su sentencia con base a lo que el sistema le puede ayudar a distinguir como relación jurídica lógica. Y en eso nos basamos para fundamentar que el sistema es fácil de modelar por medio de ontologías y que las narrativas pueden ser modeladas en este tipo de prototipos. Las sentencias o la incertidumbre nos conducen a proposiciones o conexiones difusas, por ello; creemos que por medio de ontologías el manejo de la incertidumbre e inclusive de la desambiguación puede ser manejado en el propio prototipo, situación que abordaremos en un trabajo futuro producto de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS (HEADING 5)

Introduzca agradecimiento a las organizaciones y personas que contribuyeron a la obra. Si la presentación de la conferencia es Double-Blind, introduzca sólo texto DFBR (Deleted for Blind Review) en señal de agradecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- [1] Abel, R.L. (ed.): Lawyers: A Critical Reader. The New Press, New York (1997)
- [2] Aguiló-Regla, J.: Lenguaje jurídico, lenguaje documental y thesaurus, Teoría (1990) 12- 13, 31-65
- [3] Aguiló-Regla, J.: Técnica legislativa y documentación automática de legislación, Informatica e Diritto, January-April (1990) 87-110.
- [4] Ayuso, M., Becue, M., Alvarez, R., Valencia, O., Alvarez, M., Hernández, M. L., Santolino, M.: Análisis Estadístico de las Encuestas a los Jueces en su Primer Destino. Report de Resultados nº 1, Escuela Judicial de Barcelona (2002).
- [5] Cáceres E. Epistemología Jurídica Aplicada. En: Enciclopedia de Filosofía y Teoría del Derecho. IJ UNAM, 2015.
- [6] Demoscopia: Quinto Barómetro Interno de Opinión (Encuesta realizada a una muestra estadísticamente representativa de Jueces y Magistrados). Consejo General del Poder Judicial (1999).
- [7] Lehmann, J., Breuker, J., Brouwer, P.: CAUSATION: causation in AI & Law. In: this volume. (2004).
- [8] Gray, P. N.: Artificial Legal Intelligence. Aldershot, Dartmouth (1997).

- [9] LegOnt 2003: Proceedings of the ICAIL 2003 Workshop on Legal Ontologies & Web based legal information management. Edinburgh, 2003. URL: <http://www.lri.jur.uva.nl/~winkels/legont/CAIL2003.html>
- [10] Lehmann, J.: Causation in Artificial Intelligence and Law - A modelling approach. PhD thesis, University of Amsterdam - Faculty of Law - Department of Computer Science and Law (2003).
- [11] Valente, A. and Breuker, J.: "A functional ontology of law." In G. Bargellini and S. Binazzi, editors, Towards a global expert system in law. CEDAM Publishers, Padua, Italy, 1994.

COMISIONES

Comisión Coordinadora

Álvaro Rocha, Universidade de Coimbra (Presidente)
Manuel Pérez Cota, Universidad de Vigo (Simposio Doctoral)
Luís Paulo Reis, Universidade do Minho (Workshops)
Carlos Ferrás Sexto, Universidad de Santiago de Compostela
Adolfo Lozano Tello, Universidad de Extremadura
Jose Antonio Calvo-Manzano Villalón, Universidad Politécnica de Madrid
Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
António Lucas Soares, FEUP, Universidade do Porto
Miguel de Castro Neto, NOVA IMS
Gonçalo Paiva Dias, Universidade de Aveiro
David Fonseca, La Salle, Universitat Ramon Llull
Ernest Redondo, Universidad Politécnica de Catalunya
Bráulio Alturas, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Mário Piattini, Universidad de Castilla-La Mancha

Comisión Organizadora

Manuel Pérez Cota, Universidade de Vigo (Coordinador)
Ramiro Gonçalves, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (Coordinador)
Francisco J. Vázquez Núñez, Universidade de Vigo
Frederico Branco, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
José Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
José Rafael Pérez Aguiar, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Margarita Díaz Roca, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
Miguel Ramón González Castro, Universidade de Vigo
Santiago Castelo Boo, Universidade de Vigo
Tânia Rocha, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Comisión Científica

Octavio Santana Suárez, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (Presidente)
A. Augusto Sousa, FEUP, Universidade do Porto
Abel Suing, Universidade Técnica Particular de Loja
Abílio Oliveira, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Adhemar Maria do Valle Filho, UNIVALI
Adriano Pasqualotti, Universidade de Passo Fundo
Agostinho Sousa Pinto, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto
Alberto Fernández, Universidad Rey Juan Carlos
Alberto Freitas, FMUP, Universidade do Porto
Alberto José Bugarín Diz, IEEE SMC & Universidade de Santiago de Compostela
Alcínia Zita Sampaio, IST, Universidade de Lisboa
Alejandro Medina, IEEE & Universidad Politécnica de Chiapas
Alejandro Peña, Escuela de Ingeniería de Antioquia

Aleteia Araujo, Universidade de Brasília
Alexandra Queirós, Universidade de Aveiro.
Alexandre L'Erario, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Alexandre Valle de Carvalho, FEUP, Universidade do Porto
Alma María Gómez-Rodríguez, Universidade de Vigo
Alvaro Arenas, IE Business School
Ana Azevedo, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto
Ana Bastos, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Ana Calvão, Universidade de Aveiro
Ana Isabel Veloso, Universidade de Aveiro
Ana Madureira, IEEE SMC & ISEP, Instituto Politécnico do Porto
Ana Maria Correia, Nova IMS, Universidade Nova de Lisboa
Ana Paiva, FEUP, Universidade do Porto
Ana Paula Afonso, IEEE & ISCAP, Instituto Politécnico do Porto
Anabela Mesquita, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto
André Marcos Silva, Universidade de São Paulo
Andrés Melgar, Pontificia Universidad Católica del Perú
Andres Montoyo, Universidad de Alicante
Angélica Caro, Universidad de Bío-Bío
Ângelo Jesus, Instituto Politécnico do Porto
Ania Cravero, Universidad de La Frontera
Anibal Zaldivar-Colado, Universidad Autonoma de Sinaloa
Anita Fernandes, UNIVALI
Antoni Lluís Mesquida Calafat, Universitat de les Illes Balears
António Abreu, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto
António Andrade, Universidade Católica Portuguesa
António Coelho, FEUP, Universidade do Porto
Antonio Correia Pereira, WIT Software
António Gonçalves, Instituto Politécnico de Setúbal
Antonio Jiménez-Martín, Universidad Politécnica de Madrid
António Pedro Costa, Universidade de Aveiro
António Pereira, Instituto Politécnico de Leiria
António Trigo, ISCAC, Instituto Politécnico de Coimbra
Armando Mendes, Universidade dos Açores
Armando Sousa, FEUP, Universidade do Porto
Arnaldo Martins, Universidade de Aveiro
Artur Afonso Sousa, Instituto Politécnico de Viseu
Arturo José Méndez Penín, Universidad de Vigo
August Climent, La Salle Open University
Baltasar García, Universidad de Vigo
Beatriz Sainz de Abajo, Universidad de Valladolid
Benedita Malheiro, ISEP, Instituto Politécnico do Porto
Benjamim Fonseca, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Boris Almonacid, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

Brenda L. Flores Rios, IEEE & Universidad Autónoma de Baja California
Brígida Mónica Faria, ESTSP, Instituto Politécnico do Porto
Carla Sofia Pereira, ESTGF, Instituto Politécnico do Porto
Carlos Hernan Fajardo Toro, Universidad Ean
Carlos Manuel Azevedo Costa, Universidade de Aveiro
Carlos Morais, Instituto Politécnico de Bragança
Carlos Rabadão, Instituto Politécnico de Leiria
Carlos Carreto, Instituto Politécnico da Guarda
Carlos Costa, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Carlos Serrão, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Carlos Toural, Universidade de Santiago de Compostela
Carlos Vaz de Carvalho, IEEE & ISEP, Instituto Politécnico do Porto
Carmen Gálvez, Universidad de Granada
Catarina Silva, Instituto Politécnico de Leiria
Célio Gonçalo Marques, Instituto Politécnico de Tomar
Ciro Martins, Universidade de Aveiro
Cláudio Sapateiro, Instituto Politécnico de Setúbal
Cláudio Teixeira, Universidade de Aveiro
Coral Calero, Universidad de Castilla-La Mancha
Daniel Castro Silva, FEUP, Universidade do Porto
Daniel Polonia, Universidade de Aveiro
Daniel Riesco, Universidad Nacional de San Luis
David Rolando Suarez Mota, Universidad Cooperativa de Colombia
David G. Rosado, Universidad de Castilla-La Mancha
Delfina Soares, Universidade do Minho
Diana Catalina Ramos Jorge, Universidade de Santiago de Compostela
Diana Lancheros Cuesta, Universidad de La Salle
Dora Simões, Universidade de Aveiro
Edna Dias Canedo, Universidade de Brasília
Elisabete Paulo Morais, Instituto Politécnico de Bragança
Eugénio Oliveira, FEUP, Universidade do Porto
Fábio Marques, Universidade de Aveiro
Feliz Gouveia, Universidade Fernando Pessoa
Fernando Bandeira, Universidade Fernando Pessoa
Fernando Bobillo, Universidad de Zaragoza
Fernando Moreira, Universidade Portucalense
Fernando Ribeiro, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Fernando Sanchez-Vilas, Universidade de Santiago de Compostela
Fernando Suárez, Colexio Profesional de Enxeñaría en Informática de Galicia
Filipe Meneses, Universidade do Minho
Francisco Antunes, Universidade da Beira Interior
Francisco Arcega, IEEE & Universidad de Zaragoza
Francisco Martinez Gil, Universitat de Valencia
Frank Affonso, Universidad Estadual Paulista

Frederico Branco, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Gerardo González Filgueira, IEEE & Universidade da Coruña
Gerardo Rodriguez, Universidad de Salamanca
Gil Gonçalves, IEEE SMC & FEUP, Universidade do Porto
Gloria Piedad Gasca-Hurtado, Universidad de Medellín
Gonçalo Antunes, IST, Universidade de Lisboa
Gonzalo Cuevas, Universidad Politécnica de Madrid
Guilhermina Lobato Miranda, Universidade de Lisboa
Héctor D. Puyosa P., IEEE & Univesridad Politécnica de Cartagena
Héctor Fernando Gomez Alvarado, Universidad Técnica Particular de Loja
Hélder Gomes, Universidade de Aveiro
Hélder Zagalo, Universidade de Aveiro
Helena Rodrigues, Universidade do Minho
Hélia Guerra, Universidade dos Açores
Henrique Gil, ESE, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Henrique Santos, IEEE & Universidade do Minho
Hernán Yaguana, Universidad Técnica Particular de Loja
Hernan Paz Penagos, Escuela Colombiana de Ingeniería
Higino Ramos, Universidad de Salamanca
Hugo Paredes, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Isabel De La Torre, Universidad de Valladolid
Isabel Lopes, Instituto Politécnico de Bragança
Isabel Pedrosa, ISCAC, Instituto Politécnico de Coimbra
Isabel Seruca, Universidade Portucalense
Isaura Ribeiro, Universidade dos Açores
Isidro Calvo, IEEE & Universidad del País Vasco
Ismael Etxeberria-Agiriano, Universidad del País Vasco
Javier D. Fernandez, Vienna University of Economics and Business
Javier Garcia Tobio, CESGA
Jerónimo Nunes, IEEE & Universidade dos Açores
Jezreel Mejia Miranda, CIMAT - Centro de Investigación en Matemáticas
João Balsa, FC, Universidade de Lisboa
João Barroso, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
João Carlos Silva, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
João Costa, FEUC, Universidade de Coimbra
João Ferreira, IEEE & ISEL, Instituto Politécnico de Lisboa
João Guerreiro, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Joao Manuel R.S. Tavares, IEEE & FEUP, Universidade do Porto
João Pascoal Faria, IEEE & FEUP, Universidade do Porto
João Patrício, Instituto Politécnico de Tomar
João Varajão, Universidade do Minho
Joaquim Ferreira, IEEE & Universidade de Aveiro
Joaquim Gonçalves, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Joaquim Madeira, IEEE & Universidade de Aveiro

Joaquim Reis, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Joaquim Sousa Pinto, Universidade de Aveiro
Joel Arrais, Universidade de Coimbra
Jörg Thomaschewski, HS Emden/Leer
Jorge Mamede, ISEP, Instituto Politécnico do Porto
Jorge Manuel Pires, IEEE & EST, Instituto Politécnico de Castelo Branco
Jorge Oliveira e Sá, Universidade do Minho
Jose Alfonso Aguilar, Universidad Autonoma de Sinaloa
José Almir, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco
José Augusto Fabri, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
José Borbinha, IEEE & IST, Universidade de Lisboa
José Braga de Vasconcelos, Universidade Atlântica
José Carlos Metrolho, Instituto Politécnico de Castelo Branco
José Cascalho, Universidade dos Açores
José Luis Oliveira, Universidade de Aveiro
José Luis Pardo Díaz, INTEVED
Jose Luis Pastrana Brincones, Universidad de Málaga
José Luís Pereira, Universidade do Minho
José Luís Reis, ISMAI
José Luís Silva, Universidade da Madeira
José M. Conejero, Universidad de Extremadura
José M. Molina, IEEE & Universidad Carlos III de Madrid
Jose Manuel Oliveira, FEP, Universidade do Porto
José Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
José Paulo Lousado, Instituto Politécnico de Viseu
José Pereira-Fariña, Universidad de Santiago de Compostela
José R.R. Viqueira, Universidade de Santiago de Compostela
Jose Silvestre Silva, Academia Militar
José Torres, Universidade Fernando Pessoa
Juan D'Amato, PLADEMA-CONICET-UNCPBA
Juan José de Benito Martín, IEEE & Universidad de Valladolid
Juan M. Santos, IEEE & University of Vigo
Juan Pavón, Universidad Complutense Madrid
Juan Sanchez, Universidad Politécnica de Valencia
Klenilmar Dias, Universidade Federal de Minas Gerais
Laura Alcaide Muñoz, Universidade de Granada
Leila Weitzel, Universidade Federal Fluminense
Leonardo Bermon, Universidad Nacional de Colombia
Leonilde Reis, ESCE, Instituto Politécnico de Setúbal
Leonilde Varela, Universidade do Minho
Lorena González, Universidad Carlos III de Madrid
Lorenzo Moreno Ruiz, Universidad de La Laguna
Lucila Romero, Universidad Nacional del Litoral
Luis Alvarez Sabucedo, IEEE & Universidade de Vigo
Luís Barbosa, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Luis Bernardo, IEEE & FCT, Universidade Nova de Lisboa
Luís Bruno, Instituto Politécnico de Beja
Luís Cavique, Universidade Aberta
Luis Enrique Sánchez Crespo, Universidad de Castilla-la Mancha
Luis M. Camarinha-Matos, IEEE SMC & Universidade Nova de Lisboa
Luis Mendes Gomes, Universidade dos Açores
Luis Sanchez, Universidad de Cantabria
Luis Vilán-Crespo, Universidade de Vigo
Luisa Domingues, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Luisa María Romero-Moreno, Universidad Sevilla
Luisa Miranda, Instituto Politécnico de Bragança
Luz Sussy Bayona Ore, Universidad Nacional Mayor San Marcos
Magdalena Arcilla, Universidad Nacional de Educación a Distancia
Marcelo Mendonça Teixeira, Universidade Federal Rural de Pernambuco
Manuel Menezes de Sequeira, Universidade Europeia
Marcelo Martín Marciszack, Universidad Tecnológica Nacional
Marco Painho, NOVA IMS
Margarida Lucas, Universidade de Aveiro
Margarita Díaz-Roca, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria
María J Lado, Universidade de Vigo
Maria João Gomes, Universidade do Minho
Maria José Angélico Gonçalves, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto
Maria José Escalona Cuaresma, Universidad de Sevilla
Maria Jose Marcelino, Universidade de Coimbra
Maria José Sousa, Universidade Europeia
María Pilar Mareca López, TESI, Universidad Politécnica de Madrid
Marilia Curado, Universidade de Coimbra
Maria João Ferreira, Universidade Portucalense
Mário Pinto, ESEIG, Instituto Politécnico do Porto
Mário Rodrigues, Universidade de Aveiro
Mário Rui Gomes, IST, Universidade de Lisboa
Mário Zenha-Rela, Universidade de Coimbra
Marisol B. Correia, ESGHT, Universidade do Algarve
Maristela Holanda, Universidade de Brasília
Martin Llamas Nistal, Universidade de Vigo
Mercedes de la Cámara, Universidad Politécnica de Madrid
Mercedes Ruiz, Universidad de Cádiz
Miguel A. Brito, Universidade do Minho
Miguel Bugalho, Universidade Europeia
Miguel Casquilho, IST, Universidade de Lisboa
Miguel Ramón González Castro, ENCE, Energía y Celulosa
Mirna Muñoz, CIMAT - Centro de Investigación en Matemáticas
Nilton Canto, UNINOVE
Nelson Rocha, Universidade de Aveiro

Nuno Fortes, ESTGOH, Instituto Politécnico de Coimbra
Nuno Laranjeiro, Universidade de Coimbra
Nuno Lau, Universidade de Aveiro
Nuno Magalhães Ribeiro, Universidade Fernando Pessoa
Nuno Melão, Instituto Politécnico de Viseu
Orlando Belo, IEEE SMC & Universidade do Minho
Óscar Mealha, Universidade de Aveiro
Pablo Gomez Esteban, Vrije Universiteit Brussel
Pascual García Macías, Universidade Técnica Particular de Loja
Patrícia Leite, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Paula Peres, ISCAP, Instituto Politécnico do Porto
Paula Prata, Universidade da Beira Interior
Paulo Loureiro, Instituto Politécnico de Leiria
Paulo Martins, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Paulo Pinto, IEEE & FCT, Universidade Nova de Lisboa
Paulo Rupino da Cunha, Universidade de Coimbra
Paulo Rurato, Universidade Fernando Pessoa
Paulo Urbano, FC, Universidade de Lisboa
Pedro Araújo, Universidade da Beira Interior
Pedro Faria Lopes, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Pedro Gonçalves, Universidade de Aveiro
Pedro Henriques Abreu, Universidade de Coimbra
Pedro J. Clemente, Universidad de Extremadura
Pedro Miguel Moreira, Instituto Politécnico de Viana do Castelo
Pedro Ramos, ISCTE-IUL, Instituto Universitário de Lisboa
Pedro Sánchez, Universidad Politécnica de Cartagena
Pedro Sanz Angulo, Universidad de Valladolid
Pedro Tome, IEEE & Universidad Autónoma de Madrid
Rafael Muñoz, Universidad de Alicante
Raul M. S. Laureano, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Ricardo Machado, Universidade do Minho
Ricardo Simoes, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Rita Santos, Universidade de Aveiro
Rogério Eduardo Garcia, Universidade Estadual Paulista
Ruben González Crespo, Universidad Internacional de La Rioja
Rui Cruz, IEEE & IST, Universidade de Lisboa
Rui José, Universidade do Minho
Rui Marques, Universidade de Aveiro
Rui Pedro Lourenço, FEUC, Universidade de Coimbra
Rui Pitarma, Instituto Politécnico da Guarda
Rui Silva Moreira, Universidade Fernando Pessoa
Rute Abreu, Instituto Politécnico da Guarda
Santiago Gonzales Sánchez, Universidad Inca Garcilaso de la Vega
Saulo Oliveira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Sérgio F. Lopes, IEEE & Universidade do Minho
Sergio Gálvez Rojas, Universidade de Málaga
Sílvia Fernandes, Universidade do Algarve
Solange Nice Alves de Souza, Universidade de São Paulo
Sónia Rolland Sobral, Universidade Portucalense
Tânia Rocha, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Telmo Henriques, ISCTE-IUL - Instituto Universitário de Lisboa
Teresa Guarda, Universidad de las Fuerzas Armadas
Tomás San Feliu, Universidad Politécnica de Madrid
Valéria Farinazzo Martins, Universidade Presbiteriana Mackenzie
Vera Maria Werneck, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Virginia Araújo, Universidade Atlântica
Víctor H. Castillo, Universidad de Colima
Víctor Hugo Medina García, Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Vitor Carvalho, Instituto Politécnico do Cávado e do Ave
Vitor Santos, NOVA IMS, Universidade Nova de Lisboa
Wagner Tanaka Botelho, Universidade Federal do ABC (UFABC)
Xosé A. Vila Sobrino, Universidade de Vigo
Yolanda García Vázquez, Universidad de Santiago de Compostela